த. பா. நி. (க. வெ.) வரிசை எண்—806

புவிப் புறவியல்

(பட்டப் படிப்பிற்குரியது)

ஆசிரியர்

அ. சிவமூர்த்தி, எம்.ஏ. (குற்றவியல்),
எம்.எஸ்சி. (புவியியல்),
புவியியல் துணைப் பேராசிரியர்,
மாநிலக் கல்லூரி,
சென்னை.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—May, 1978
Number of Copies—2000

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 806

© Government of Tamilnadu

GEOMORPHOLOGY

A. SIVAMURTHY

Price Rs. 11-75

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

This book has been printed on concessional paper made available by the Government of India.

Printed by
S. DHANYAKUMAR PRESS
1-A, Boag Road, T.Nagar,
Madras-600 017

அணிந்துரை

(திரு. செ. அரங்கநாயகம், தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

MADRAS

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினெட்டாண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் இளங்கலை வகுப்புவரை மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளில் தொண்டுசெய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்துள்ள நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில் கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்களுக்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகமும், சென்னைப் பல்கலைக்கழகமும் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெரு முயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

வரலாற்றியல், அரசியல், உளவியல், பொருளியல், மெய்ப்பொருளியல், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதவியல், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல், சட்டவியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் மூலநூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்று இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான **புவிப்புறவியல்** என்னும் இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 806 ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 841 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு, கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் 'மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்ட'த்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

தமிழில் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும் என்பதே நம் குறிக்கோளாகும். கல்லூரிகளிலும் பல்கலைக்கழகங்களிலும் கலையியற் பாடங்களையும், அறிவியற் பாடங்களையும், தொழில்நுட்ப அறிவுப் பாடங்களையும் பயிலுகின்ற மாணவர்கள், அவற்றைத் தமிழில் பயில வேண்டும் என்பதை வலியுறுத்தி வருவதற்குக் காரணம், தமிழறிவு வளர வேண்டும் என்பதைவிட, தமிழ்மக்களின் அறிவு ஆற்றல் எளிதாக, விரைவாக வளரவேண்டும் என்பதுதான். 'எதிலும் தமிழ்; எங்கும் தமிழ்' என்னும் குறிக்கோளை நிறைவேற்றவேண்டிய கடப்பாடு தமிழக ஆசிரியப் பெருமக்களையும் மாணவர்களையும் சார்ந்ததாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக்கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம்கலந்த நன்றி உரித்தாகுக!

செ. அரங்கநாயகம்

பொருளடக்கம்

		பக்கம்
1.	புவிப்புறவியல்	1
2.	புவியின் நிலத்தோற்றங்களும் அவற்றை உருவாக்கும் புவி அசைவுகளும்	7
3.	பாறைகள்	14
4.	பாறையின் அமைப்பு	31
5.	வானிலைச் சிதைவு	42
6.	பருப்பொருள்களின் அசைவு	57
7.	ஆறுகள்	66
8.	வடிகால் அமைப்பு	114
9.	புத்துயிர்ப்பு	133
10.	அரிப்புச் சக்கரம்	139
11.	நிலநீர்	152
12.	சுண்ணும்புப் பிரதேச நிலத்தோற்றங்கள்	166
13.	காற்றும், வறண்டபிரதேச நிலத்தோற்றங்களும்	181
14.	பனியாறுகள்	216
15.	கடல் அரிப்பு	251
16.	ஏரிகள்	290
17.	டேவிஸின் நிலத்தோற்றத் தத்துவம்	299
18.	சூரிய மண்டலம்	303
19.	புவியின் தோற்றம்	315
20.	புவியின் வயது	331
21.	புவியின் உள்ளமைப்பு	336
22.	கண்டங்களும் சமுத்திரங்களும்	345
23.	சமநிலைத் தன்மைக் கொள்கை	353
24.	கண்டங்களின் இடப்பெயர்ச்சி	361
25.	மலையாக்கம்	376
26.	எரிமலைகள்	390
27.	நில அதிர்ச்சி	402
28.	மண்	410
	மேற்கோள் நூற்பட்டியல்	421
	கலைச்சொற்கள்	423

I. புவிப் புறவியல்
(Geomorphology)

பொருள்

புவிப் புறவியல் என்பது நிலத்தோற்ற இயலாகும். இது கற்கோளத்தின் (lithosphere) புற அமைப்பையும் அதன் தோற்றம் (origin), வரலாறு ஆகியவற்றையும் விவரிக்கிறது. பௌதிக இரசாயன செய்முறைகளால் புவிப் பரப்பில் பாறைகள் அரிக்கப்பட்டுப் பல்வேறு நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. இவை அனைத்தும் புவிப் புறவியலில் ஆராயப்படுகின்றன. புவி அமைப்பை ஆராய்வது என்பது புவிப் புறவியலுக்கு மட்டும் சொந்தமன்று. புவியியல் (Geography), புவி அமைப்பியல் (Geology), புவி உருவ இயல் (Geodesy), பூபௌதிகம் (Geophysics) போன்ற பல துறைகளிலும் இந்த ஆராய்ச்சி பகிர்ந்து கொள்ளப் படுகிறது.

புவிப் புறவியல், நிலத்தோற்றத்தை விவரிப்பதால் சுற்றுலாப் பயணிகள் (tourists) கூட இவ்வியலால் அறிவைப் பெறுகிறார்கள். சுற்றுலாப் பயணி நிலத்தோற்றத்தின் எழிலை ரசிக்கிறான்; ஆனால், புவிப் புறவியல் அறிஞன் அதன் தோற்றத்தை (origin) உணருகிறான்.

நிலத்தோற்றம் என்பது அரிப்புச் செயலால் மட்டுமன்றிப் படிதல் செயலாலும் ஏற்படுகிறது. எனவே, புவிப் புறவியலில் இவ்விரு செயல்முறைகளும் விவரிக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக, கடற்கரைப் பகுதிகளில் அலையின் அரிப்பினால் ஏற்படும் ஓங்கலைப் (cliff) போலவே அலையின் படிதலால் ஏற்படும் மணல்திட்டும் (sand bar) நிலத்தோற்றத்தின் ஒரு முக்கியப் பகுதியாகிறது. அதேபோல் பனியாற்று அரிப்பினால் தோன்றும் சர்க் (cirque), தொங்குபள்ளத்தாக்கு (hanging valley) போன்றவற்றை விவரிக்கும் போது படிதலால் ஏற்படும் கேம்ஸ் (kames), எஸ்கர்ஸ் (eskers), மொரைன் (moraine) போன்ற நிலத்தோற்றங்களை விவரிக்காமல் இருக்க முடியாது.

புவிப் புறவியலில் நிலத்தோற்றத்தின் எல்லாக் கூறுகளும் ஆராயப்படுவதில்லை. உதாரணமாக மடிப்பு (fold), பிளவு (fault), நில அதிர்ச்சி (earthquake), எரிமலை வெடித்தல் போன்றவைகளுக்குக் காரணமாக விளங்குகிற இயக்கங்களை நாம் தீவிரமாக ஆராய்வதில்லை. ஏனெனில் அதற்குக் கணித அறிவும், பௌதிக அறிவும் நமக்குத் தேவைப்படுகின்றன.

புவியின் மேற்பரப்பின் இயல்புகளை அறிவது புவியியலின் நோக்கமாதலால் புவிப் புறவியலும் இதில் ஒரு பிரிவாகச் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. புவியியலில் மற்றப் பரவல்கள் விளக்கப்படுவது போலவே நிலத்தோற்றப் பரவலும் விளக்கப்படுகிறது.

பாறை

பாறைகள் அரிக்கப்பட்டு ஏற்படும் நிலத்தோற்றங்களை விளக்குவது புவிப் புறவியலின் நோக்கமாகும். ஆறு, பனியாறு, காற்று, அலை போன்றவற்றின் அரிப்புச் செயலால் பல நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. பாறையின் அமைப்பிற்கு ஏற்றவாறு நிலத்தோற்றம் மாறுதல்களை அடைகிறது. எனவே, பாறை அமைப்பிற்கும் நிலத்தோற்றத்திற்கும் இடையே உள்ள தொடர்பை விளக்குதல், காலந்தோறும் ஏற்படும் நிலத்தோற்ற மாறுதல்களை விவரித்தல், நிலத்தோற்றத்திற்குக் காரணமான அரிப்புச் செயலை அறிதல் ஆகிய மூன்று கூறுகளைப் புவிப் புறவியல் கொண்டுள்ளது. நிலத்தோற்ற வளர்ச்சியைத் தெளிவாக உணர வேண்டுமெனில் பாறைகளின் அமைப்பு, கூட்டமைப்பு (composition), காலநிலையின் தன்மை, அரிப்புச் செயல் ஒட்டுருவழிதல் (diastrophism), எரிமலைச் செயல் ஆகியவற்றையும் அறிந்திருத்தல் வேண்டும். இவற்றின் செயலால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்களை அறிவதுதான் நம்முடைய நோக்கமாகும். பாறையின் மடிப்பு, பிளவு இவை மட்டுமன்றி அதன் கடினத்தன்மையும் நிலத்தோற்றத்தை வெகுவாகப் பாதிக்கிறது. உதாரணமாக, மழைப் பிரதேசத்திலுள்ள சுண்ணும்புப் பாறையில் தாழ்ந்த நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படும்போது வறண்ட பிரதேசத்திலுள்ள சுண்ணும்புப் பாறையில் உயர்ந்த நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. களிப்பாறை (shale), சுண்ணும்புக்கல், சலவைக்கல் (marble) ஆகிய மென் பாறைகள் மழைப் பிரதேசத்தில் இருப்பின் அங்கு மிகப் பெரிய பள்ளத்தாக்குகள் தோன்றுகின்றன. இதற்கு மாருக மணற்பாறை (sandstone), குவார்ட்ஸ், கலவைக்கல் (conglomerate) ஆகிய கடினப் பாறை இருப்பின் அவை உயர்ந்த குன்றுகளாகக் காட்சியளிக்கும்.

புவி அமைப்பியலும் புவிப் புறவியலும்

புவியின் தன்மைகளை 19ஆம் நூற்றுண்டுவரை புவி அமைப் பியல் அறிஞர்கள்கூட விஞ்ஞான ரீதியாக அறிந்திருக்கவில்லை. புவியின் அமைப்பை அறிவது அவர்களுடைய பணியாகக் கருதப் பட்டாலும் அந்த நோக்குத் தற்போது மாறியுள்ளது. தற்போது புவி அமைப்பியலின் தலையாய நோக்கம் கற்கோளத்தின் (lithosphere) உள் அமைப்பு, கூட்டமைப்பு, அசைவு, வரலாறு ஆகியவற்றை அறிவதாகும். எனவே, புவியின் மேற்பரப்பை ஆராய்வது புவியியலின் வரம்புக்கு அப்பாற்பட்டதாகும். புவிப் புறவியல் கற்கோளத்தின் புறத்தோற்றத்தையும், அது அமைந்த வரலாற்றையும் விவரிக்கிறது. ஆதலால், புறத்தோற்ற மாறுதல் களை நன்கு உணர வேண்டுமெனில் பாறைகளின் அமைப்பை ஓரளவு அறிந்திருக்க வேண்டும். எனவே, புவி அமைப்பியல் கற் கோளத்தின் உள் அமைப்பை ஆராய்கிறது. ஆனுல், புவிப் புறவியல் அக்கோளத்தின் வெளி அமைப்பை ஆராய்கிறது.

புவியின் உள் அமைப்பை அறிவதுதான் புவி அமைப்பியல் அறிஞரின் தலையாய பணி என்றுலும் பாறைகளின் தன்மைகளை ஆராயும்போது அதனுல் ஏற்படும் நிலத்தோற்றத்தையும் அறிய வேண்டிய அவசியம் ஏற்படுகிறது. இதனுல் புவியியல் அறிஞர்கள் பொறுமை அடையலாகாது. ஏனெனில், மேற்பரப்பு இயல்புகளை அறிவதற்குப் புவியின் உள் அமைப்பையும் அறிதல் வேண்டும். புவி அமைப்பியல் அறிஞர்கள் இப் பணியில் ஈடுபட்டிருக்கும் போது புவிப் புறவியல் அறிஞர்கள் தமக்குத் தேவையான விவரங் களை அவர்களிடமிருந்து பெற்றுக்கொள்ளுதல் முறையாகும்.

புவியின் மேற்பரப்பில்தான் கற்கோளமும் நீர்க்கோளமும் (hydrosphere), வளி மண்டலமும் (atmosphere) சந்திக்கின்றன. எனவே காற்றும் நீரும் பாறைகளை அரித்துப் பலவித நிலத்தோற் றங்களை உருவாக்குகின்றன. ஆகவே, புவிப் புறவியலுக்கு நீரியல் (hydrology), வளியியல் (meteorology), புவி அமைப்பியல் ஆகிய துறைகளிலிருந்தும் விவரங்கள் தேவைப்படுகின்றன.

நிலத்தோற்ற வரலாற்றை அறிவது புவி அமைப்பியலிலும், புவியியலிலும் ஒரு பகுதியாக இருந்துவருகிறது. ஐரோப்பிய நாடுகளில் புவிப் புறவியல் புவியியலின் ஒரு பகுதியாகக் கருதப் படுகிறது. ஆனுல், அமெரிக்காவில் இது புவி அமைப்பியலின் ஒரு பகுதியாகவே போற்றப்படுகிறது. புவிப் புறவியலைப் புவியியலின் ஒரு பகுதியாக நாம் கருதினுலும் அது புவி அமைப்பியலி லிருந்துதான் தோன்றியது என்பதை மறுக்க முடியாது.

புவிப் புறவியல் வரலாறு

புவியியல் அறிஞர்கள் நெடுங்காலத்திற்கு முன்னரே நிலத் தோற்றத்தைப் பற்றிய அறிவைப் பெற்றிருந்தனர். ஏனெனில் மலை, பீடபூமி, பள்ளத்தாக்கு, சமவெளி ஆகியவை இல்லாத ஓர் இடத்தை நாம் கற்பனை செய்தும் பார்க்க முடியாது. ஆனால், நிலத்தோற்றத்தைப் பற்றிய அறிவு அவர்களுக்கு மேலெழுந்த வாரியாகத்தான் இருந்து வந்தது. 18ஆம் நூற்றாண்டில் நிலத்தை முதன் முறையாகச் சர்வே செய்த பிறகே நிலத்தோற்றத்தைப் பற்றிய அறிவு பெருகத் தொடங்கியது. 19ஆம் நூற்றாண்டு விஞ்ஞான ரீதியாக நிலத்தோற்றங்களின் அமைப்பும் காரணமும் தெளிவாகியது. இதன் விளைவாகப் புவியின் புறத்தோற்றம்பற்றிய புவிப் புறவியல் உருவாகியது. புவியின் மேற்பரப்பில் அமைந்த நிலத்தோற்றமே காலநிலை மாறுதலுக்கும், உயிரினங்களின் பரவலுக்கும், குடியிருப்பு, போக்குவரத்து மற்றும் மனிதனின் பொருளாதார வளர்ச்சி ஆகியவற்றுக்கும் காரணமாக உள்ள தென்று உணரப்பட்டது. எனவே, நிலத்தோற்றத்தைப் பற்றிய அறிவு பெறாத புவியியல் மாணவர்களுக்கு மக்கள் பரப்பியலை (human geography) நன்கு புரிந்துகொள்வதற்கு வாய்ப்பில்லை.

1895ஆம் ஆண்டு ஸ்காட்லாந்தைச் சார்ந்த ஜேம்ஸ் ஹட்டன் (Hutton) 'புவியின் கொள்கை' என்ற புத்தகத்தை வெளியிட்டார். இதில் பள்ளத்தாக்குகள் குடையப்பட்டதால் மலைகள் தோன்றின என்றும், மலைகளிலிருந்து கடத்தப்பட்ட கடினப் பொருள்கள் உராய்ந்து தேய்ந்ததால் பள்ளத்தாக்குகள் குடையப்பட்டன என்றும் கூறியுள்ளார். ஹட்டனின் கொள் கைக்கு ஆதரவாக அவருடைய நண்பர் ஜான் பிளேஃபேர் (Playfair) என்பவர் 1802ஆம் ஆண்டு 'ஹட்டனின் புவிக் கொள்கை விளக்கங்கள்' என்ற நூலினை வெளியிட்டார். பள்ளத் தாக்குத் தோன்றுவதற்கு ஆற்றின் செய்கையும் கடற்கரையின் அமைப்பிற்குக் கடல் அலையின் செய்கையும் காரணம் என்றும், மண் தோன்றுவதற்குப் பாறைச் சிதைவு காரணம் என்றும், பனி யாற்றினால் பாறைகள் கடத்தப்படுகின்றன என்றும் அந்நூலில் அவர் கூறியுள்ளார். எனவே, மேற்கூறிய இருவரும் புவிப் புறவிய லுக்கு அடிகோலியவர்களாகின்றார்கள்.

இதன் பிறகு 1830-32ஆம் ஆண்டு சர் சார்லஸ் லையல் (Lyell) என்ற ஐரோப்பிய அறிஞர் வெளியிட்ட புவி அமைப்பியல் புத்த கத்தில் 'நிகழ்காலச் செய்முறைகளைக் கொண்டு கடந்த கால நிலத் தோற்றத்தை அறிய முடியும்' என்று குறிப்பிட்டுள்ளார். இதுவே 'பண்பொத்த கொள்கை' (Uniformitaniarism) எனப்படுகிறது.

புவி அதன் அமைப்பில் பொதுவாக மாறிக் கொண்டிருக்கிறது. புவியின் செய்முறைகளில் பல மிகவும் மெதுவாகவே நடைபெறுகின்றன. மலைகளும், பள்ளத்தாக்குகளும் பாறைகள் பல மில்லியன் ஆண்டுகள் அரிக்கப்பட்டதால் தோன்றியவையாகும். தற்போது நாம் காணும் அசைவுச் செய்முறைகளின் மூலம் புவியின் கடந்தகால வரலாற்றை அறியமுடிகிறது.

இதன் பிறகு ராம்சே (Ramsay) என்பவர் நிலத்தைச் சமமாக்குவதில் கடல் அரிப்பின் முக்கியப் பங்கையும், ஏரிகளைத் தோற்றுவிப்பதில் பனியாற்றின் பங்கையும் விவரித்தார். இதைத் தொடர்ந்து அமெரிக்காவில் பவல் (Powell), டட்டன் (Dutton), கில்பர்ட் (Gilbert) முதலியவர்கள் நிலத்தோற்றத்தைப் பற்றிய பல புதிய விவரங்களை ஆராய்ந்தறிந்தனர். பவல் எல்லா நிலமும் அரிக்கப்பட்டு இறுதியில் கடல் மட்டத்தை அடைகிறது என்று கண்டறிந்தார்.

புவிப் புறவியலில் சிறப்பான பணியாற்றியவர் டேவிஸ் (Davis) என்ற அமெரிக்க அறிஞராவார். இவர் புவிப் புறவியல் தந்தை என்று அமெரிக்காவில் போற்றப்படுகிறார். இவர் நிலத்தோற்றத்தைப் பற்றி விளக்கம் தரும் விவரிப்பு முறைகளை அறிமுகப்படுத்தினார். இவரின் கருத்துப்படி ஒரு நிலத்தோற்றம் என்பது அங்கேயுள்ள பாறை அமைப்பு, அரிப்புச் செயல், காலம் ஆகிய காரணிகளைப் பொறுத்து மாறும் (Landscape is a function of structure, process and stage) என்று கொள்ளப்படுகிறது. இவற்றை விவரித்துவிட்டால் நிலத்தோற்றத்தை விவரித்தது போலாகும். நிலத்தோற்றத்தின் இறுதிநிலை அமைப்பை டேவிஸ் 'பெனிப் பிளேன்' என்று அழைத்தார். அரிப்புச் சக்கரக் கொள்கையை (cycle of erosion) அறிமுகப்படுத்தியதும் இவரே யாவார்.

புவிப் புறவியலில் அமெரிக்காவில் ஏற்பட்ட முன்னேற்றம் மற்ற நாடுகளுக்கு வழிகாட்டியாக இருந்தது. பிரான்சு, ஸ்காண்டினேவியா, ஹாலந்து, இத்தாலி முதலிய ஐரோப்பிய நாட்டுப் புவிப் புறவியல் மாணவர்கள் அமெரிக்க அறிஞர்களின் கருத்தையே பின்பற்றினர். ஆனால், ஜெர்மானியப் புவியியல் அறிஞர்களாகிய ரிச்தாஃபன் (Ritchthofen), ஆல்பிரட் பெங்க் (Albrecht Penck) ஆகிய இருவரும் நிலத்தோற்ற ஆராய்ச்சியில் தங்களுக்கெனச் சுயேச்சையான முறையைப் பின்பற்றினார்கள். அமெரிக்கக் கருத்துகளுக்கு ஜெர்மனியில் கடும் எதிர்ப்பு ஏற்பட்ட சமயங்களில் ஆராயப்படாத பல விவரங்கள் சேகரிக்கப்பட்டுப் புதிய கருத்துகள் உருவாக்கப்பட்டன. இவ்வகையில் வால்தர்

பெங்க் (Walther Penck) என்ற ஜெர்மானிய அறிஞரின் பணி குறிப்பிடத்தக்கதாகும். பெங்கின் கருத்துகள் டேவிஸின் கருத்துகளுக்கு மாறானவை.

டேவிஸின் மறைவுக்குப் பின்பு மண் அமைப்பை ஆராய்வதில் கணித முறை கையாளப்பட்டது. இரண்டாவது உலகப்போரின் போது நிலத்தை ஆராய்வதற்கு இராணுவத்தினரால் வான் புகைப்பட (aerial photography) முறை பயன்படுத்தப்பட்டது. இச்சமயத்தில் கடற்கரைகளின் அமைப்பும், கடலடித் தளங்களின் அமைப்பும் இராணுவத்தினருக்குத் தெரியவேண்டிய அவசியம் ஏற்பட்டதால் கணித முறைப்படி நிலத்தோற்றம் சர்வே செய்யப் பட்டு மேப்புகள் வரையப்பட்டன. போருக்குப் பின் குறிப்பாக 1950ஆம் ஆண்டிற்குப் பின்பு நிலத் தோற்றங்களை ஆராய்வதில் கணிதம் வெகுவாகப் பயன்பட்டது.

புவிப் புறவியல் 1890 முதல் 1950 வரை நல்ல வளர்ச்சியைப் பெற்றது. அதற்குப் பிறகு புவியியலில் நிலத்தோற்றப் பரவலைக் காட்டிலும் மனிதப் பரவலுக்குக் அதிகக் கவனம் செலுத்தப் பட்டது. புவியியலில் புவிப் புறவியல் படிப்படியாகத் தன் முக்கியத் துவத்தை இழந்தது. குறிப்பாக அமெரிக்கப் புவியியலில் பயிர், கால்நடை, வாணிபம், குடியிருப்பு ஆகியவற்றை அறிவதில் அதிக நாட்டம் செலுத்தப்பட்டது. புவிப் புறவியலில் அப்போது கணித ரீதியாக விவரங்கள் சேகரிக்கப்படாமையே இதற்குக் காரண மாகும். ஆனால், இங்கிலாந்தில் தற்போதும் புவியியலில் புவிப் புறவியலுக்கு முக்கியத்துவம் அளிக்கப்பட்டுள்ளது.

2. புவியின் நிலத்தோற்றங்களும் அவற்றை உருவாக்கும் புவி அசைவுகளும்

பாறைகளின் அமைப்பு, அசைவு, அசைவுக்குக் காரணமான விசை இவை யாவும் புவி ஓட்டிற்குரிய பிரச்சினைகளாகும். இருப்பினும் இவற்றைப்பற்றிப் புவியியல் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ளுதல் நலமாகும். ஏனெனில், புவியின் மேற்பரப்பில் காணப்படும் பல்வேறு அமைப்புகளை நன்கு புரிந்துகொள்வதற்கு இது உதவியாக இருக்கும். நிலத்தோற்றம் மற்றப் புவியியல் பரவல்களைக் கட்டுப்படுத்துவதால் அந் நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்கும் புவி அசைவுகளை இங்குப் பார்ப்போம்.

நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்கும் புவி அசைவுகளைப் பொதுவாக அகச் செய்முறைகள் (Internal process), புறச் செய்முறைகள் (External process) என இருவகைப்படுத்தலாம். புவி ஓட்டிலும் அதற்குக் கீழேயும் நடைபெறும் செய்முறைகளை அகச் செய்முறைகள் என்றும், புவி ஓட்டின் மேற்பரப்பில் நடைபெறும் வானிலைச் சிதைவு (Weathering), அரிப்புச் செயல்முறை ஆகியவற்றை புறச் செய்முறைகள் என்றும் கூறுவர்.

அகச் செய்முறைகள்

அகச் செய்முறைகள் புவி ஓட்டில் வெகுஆழத்தில் தோன்றுவதாலும் அதிகச் சக்தியோடு செயல்படுவதாலும் புவி ஓடு மிகவும் பாதிக்கப்படுகிறது. உலகின் முக்கிய நிலத்தோற்றங்கள் யாவும் அகச் செய்முறைகளால் ஏற்பட்டவையாகும். அகச் செய்முறைகள் இருவகைப்படும். அவை : (1) ஒட்டுருவழிதல் (diastrophism), (2) கற்குழம்புச் செய்கை (volcanism) என்பதாகும்.

ஒட்டுருவழிதல் என்பது புவி ஓட்டைச் சிதைவுறச் செய்யும் அசைவுகளைக் குறிப்பதாகும். புவியின் ஓட்டின் கீழ் அடுக்குகளில் தோன்றும் அமுக்கவிசை (compression), இழுவிசை (tension) ஆகிய இவ்விசைகளால் உந்தப்பட்டு, பாறைகள் இடம் பெயர்ந்து

சிதைவுறுகின்றன. இதன் விளைவாக நில அதிர்ச்சி, புவிப்பிளவு, மடிப்புகள் ஆகியவை ஏற்படுகின்றன.

கற்குழம்புச் செய்கை என்பது புவி ஓட்டின் கீழ்அடுக்குகளிலுள்ள இளகிய கற்குழம்பு (மாக்மா), பாறை விரிசல்களின் வழியே பீரிட்டு மேல்நோக்கி வருவதாகும். கற்குழம்பு அவ்வாறு மேல்நோக்கி வரும்போது புவிப் பரப்பில் அது உறைவதால் எரிமலை, லாவாப்பாறை, பீடபூமி போன்ற நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன.

ஓட்டுருவழிதலில் பல்வேறு புவி அசைவுகள் காணப்படுகின்றன. இப்புவி அசைவுகளைப் பொதுவாக இருவகைப்படுத்தலாம். அவை: (1) கண்ட ஆக்க அசைவுகள் (Epeirogenic movements), (2) மலையாக்க அசைவுகள் (Orogenic movements) என்பனவாகும். இவ்விரு அசைவுகளுக்கிடையே உள்ள வேறுபாட்டை முதன்முதலாக எடுத்துக்காட்டியவர் கில்பர்ட் (Gilbert) என்பவராவார்.

கண்ட ஆக்க அசைவுகள்

புவி ஓட்டில் சில பகுதிகள் செங்குத்தாக மேல்நோக்கி அசைகின்றன. இதன் விளைவாகக் கண்டங்கள் தோன்றுகின்றன. எனவே, இத்தகைய அசைவுகளைக் கண்ட ஆக்க அசைவு என்கிறோம். கண்ட ஆக்க அசைவுகள் ஆழப்பகுதியில் ஆரவடிவில் (radial) இயங்குவதால் புவி ஓட்டில் அவை செங்குத்து விசைகளாகத் தென்படுகின்றன. இவ்வித அசைவுகள் ஒரு பெரிய பரப்பை உந்துவதால் பெரிய கண்டங்களும், பெரிய பீடபூமிகளும் தோன்றுகின்றன. இவ்வித அசைவுகளால் பாறை அடுக்குகள் பெரிய அளவில் சிதைவுறுவதில்லை. கண்ட ஆக்க அசைவுகளுக்கு உதாரணமாக ரஷ்யப் பீடம் (Russion platform), ஆப்பிரிக்கப் பீடபூமி, வட அமெரிக்க உயர் சமவெளி (High plains of North America) ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம்.

மலையாக்க அசைவுகள்

புவி ஓட்டில் அமுக்கவிசை, இழுவிசை ஆகியவற்றுல் பாறை அடுக்குகள் கிடையாக அசைகின்றன. ஓரிடத்தில் அமுக்குவிசை ஏற்பட்டால் மற்ருேர் இடத்தில் இழுவிசை ஏற்படுகிறது. அமுக்க விசையினுல் பாறைகளில் மடிப்பும், இழுவிசையினுல் பிளவும் ஏற்படுகிறது. இவ்வித அசைவுகள் புவி ஓட்டில் கிடையாக இயங்குவதால் அவற்றைத் தொடுகோட்டு விசைகள்

(Tangential forces) என்றும் அழைக்கலாம். பாறைகள் எதிருக்கெதிரே கிடையாக அசையும்போது நடுவிலுள்ள பாறைகள் அமுக்கப்பட்டு மடிப்பு மலைகளாக மேலெழுகின்றன. எனவே, இவ்வித அசைவுகளை மலையாக்க அசைவுகள் என்கிறோம். மலையாக்க அசைவுகள், கண்ட ஆக்க அசைவுகளுக்கு மாறாக ஒரு சிறிய பரப்பை மட்டும் பாதிக்கின்றன. ஆனால், இவ் விசைகளினால் பாறைகள் மிகுதியாக அமுக்கப்படுவதால் அவை மடிந்து உருமாறுகின்றன. ஆல்ப்ஸ், இமயமலை, ஆண்டிஸ் போன்ற மலைகள் யாவும் மலையாக்க அசைவுகளினால் தோன்றிய மடிப்பு மலைகளாகும். இழுவிசையின் விளைவாகப் பாறைகள் ஒன்றை விட்டு ஒன்று விலகிச்செல்வதால் புவிப்பிளவுகள் ஏற்படுகின்றன. ஆஸ்திரேலியாவின் கிழக்கு மலைத்தொடர்களில் காணப்படும் புவிப்பிளவு இதற்குச் சிறந்த உதாரணமாகும்.

புறச் செய்முறைகள்

புவி ஓட்டின் மேற்பரப்பில் நடைபெறும் அசைவுச் செய்முறைகளைப் புறச்செய்முறைகள் என்கிறோம். இச் செய்முறைகள் யாவும் புவியின் மேற்பரப்பிலுள்ள பாறைகளை அரித்தும், படியச் செய்தும் சமப்படுத்துவதில் ஈடுபட்டிருக்கின்றன. எனவே, இவற்றைச் சரிவு நீக்கும் விசைகள் (gradational forces) என்று கூறலாம். நிலம் சமப்படுத்துதல் இருவழிகளில் நடைபெறுகிறது. (1) மேடான பகுதி அரிக்கப்படுவதாலும், (2) பள்ளமான பகுதி படிவுகளால் நிரப்பப்படுவதாலும் நிலம் சமப்படுத்தப்படுகிறது. அரிப்பினால் சமப்படுத்தும் செய்முறைகளை மூன்று முக்கிய வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை: (1) வானிலைச் சிதைவு, (2) பருப்பொருள் அசைவு (mass wasting), (3) அரிப்பு என்பனவாகும்.

வானிலைச் சிதைவு என்பது பாறைகள் சிதைவடைவதாகும். பருப்பொருள் அசைவு என்பது சரிவுகளிலுள்ள பாறைத் துகள்கள், புவியீர்ப்பு விசையினால் கீழ்நோக்கி மொத்தமாகச் சரிவதாகும். அரிப்பு என்பது ஆறு, பனியாறு, கடல்அலை, காற்றுப் போன்றவற்றின் செய்கையால் பாறைகள் அரிக்கப்பட்டுப் கடத்தப்படுவதாகும். நிலம் சமமாவதற்கு அரிப்பு எந்த அளவிற்கு முக்கியமோ அதே அளவிற்குப் படிதலும் முக்கியமாகும்.

புவியின் நிலத்தோற்றங்கள் (Relief features of the Earth)

நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்கும் புவி அசைவுகளைச் சென்ற பகுதியில் பார்த்தோம். இப் பகுதியில் புவியின் நிலத்தோற்றங்

களை ஆராய்வோம். புவியின் மேற்பரப்பில் தற்போது நாம் காணுகிற நிலத்தோற்றங்கள் பன்னெடுங்காலமாக இருந்து வருபவையாகும். இவற்றைத் தவிரக் கடந்த யுகங்களில் ஏற்பட்ட சில நிலத்தோற்றங்களும் இங்கு உள்ளன. புவியின் நிலத்தோற்றங்களை ஐந்து முக்கியப் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின் வருமாறு :

(1) பழைமையான கேடயப் பகுதிகள் (Ancient Shield)

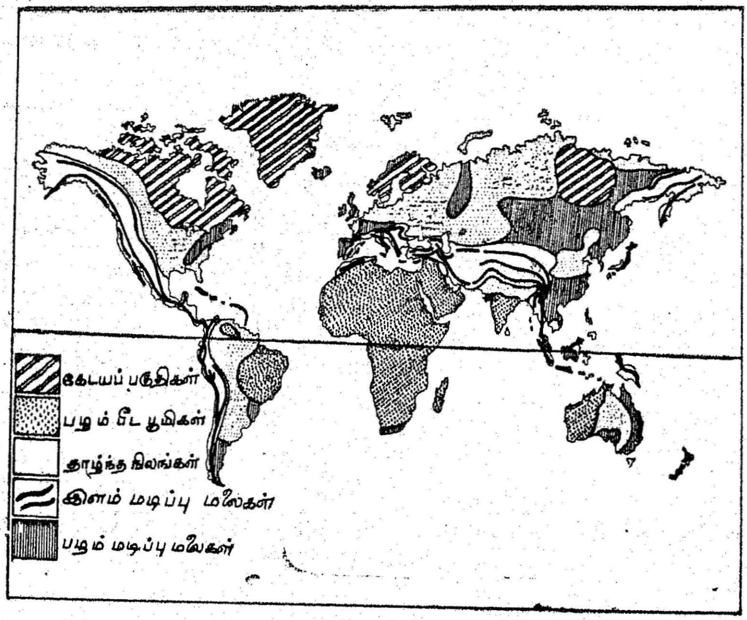
(2) பழைய பீடபூமிகள்

(3) பழைய மடிப்பு மலைகள்

(4) இளம் மடிப்பு மலைகள்

(5) அண்மைக்காலப் படிவுச் சமவெளிகள்

உலகில் ஒவ்வொரு கண்டத்திலும் மேற்கூறிய நிலத்தோற்றங்களில் ஏதாவது ஒன்றுவது காணப்படுகிறது (படம் 1). புவியின் பாறை அமைப்பை நிலத்தோற்றங்கள் பிரதிபலிக்கின்றன.



படம் 1 : புவியின் நிலத்தோற்றங்கள்

எனவே, நிலத்தோற்றங்களை விவரிக்கும்போது அது அமைந்திருக்கும் பாறையின் தன்மையை நாம் நினைவில் கொள்ளவேண்டும்.

(1) பழைமையான கேடயப் பகுதிகள் : புவியின் பரப்பில் உறுதியான நிலப்பகுதிகள் பல இடங்களில் காணப்படுகின்றன. இவை மிகவும் பழைமையானவை. இவற்றின் உருவம் ஏறத்தாழக் கேடயத்தைப் (shield) போல் இருப்பதால் இவற்றிற்குக் கேடயப் பகுதிகள் என்று பெயரிடப்பட்டது. உலகில் நான்கு கேடயப் பகுதிகள் உள்ளன. அவை கானடாக் கேடயம் (Canadian Shield or Laurentian), பால்டிக் கேடயம் (Baltic Shield or Fennoscan-dian), சைபீரியக் கேடயம் (Siberian Shield or Angaraland), அன்டார்க்டிக் கேடயம் (Antaretic Shield) என்பனவாகும். வட கோளத்தில் கண்டங்கள் இக் கேடயங்களைக் கருவாகக் கொண்டு அமைந்துள்ளன. உறுதியான இந்நிலங்களில் கேம்பிரியன் காலத்திற்குமுன் (Pre Cambrian) ஏற்பட்ட பழைய தீப்பாறைகளும், உருமாறிய பாறைகளும் காணப்படுகின்றன. இக் கேடயங்கள் முதலில் மலைகளாக இருந்திருக்க வேண்டுமென்றும், பின்பு அவை வானிலைச் சிதைவினாலும், அரிப்பினாலும் பாதிக்கப்பட்டுச் சம நிலங்களாக ஆக்கப்பட்டனவென்றும் கருதப்படுகின்றன. இவை உயர் அட்சத்தில் அமைந்திருப்பதால் பிளைஸ்டோசீன் (Pleistocene) காலத்துப் பனியாறுகளால் மூடப்பட்டு அரிக்கப்பட்டன. எனவே, இவை தற்போது தாழ்ந்த சம நிலங்களாகக் காட்சியளிக்கின்றன,

(2) பழைய பீடபூமிகள் : கேடயங்களைப் போலவே பழைய பீடபூமிகளும் பழைமையானவை; உறுதியானவை; நிலையானவை. ஆனால் கேடயங்களைவிட இவை உயரமானவை. இப் பீடபூமிகளின் உயரம் 600மீ. முதல் 1500மீ. வரை காணப்படுகிறது. பிரேசில் - கயானா, ஆப்பிரிக்கா, அரேபியா, இந்தியா, ஆஸ்திரேலியா, சீனா ஆகிய நாடுகளின் பீடபூமிகள் இவ் வகையைச் சாரும். இவற்றில் ஆப்ரிக்கப் பீடபூமிதான் மிக உயரமானதாகும். இப் பீடபூமிகள் பொதுவாகச் சமமாக இருந்தாலும் ஆங்காங்கே மலைகளும், கரடுமுரடான நிலங்களும் காணப்படுகின்றன. இவற்றின் விளிம்பு செங்குத்துச் சரிவு கொண்டதாக உள்ளது. தக்கணப் பீடபூமி, பிரேசிலியன் பீடபூமி ஆகியவை புவி அசைவினால் மேல்நோக்கி உயர்த்தப்பட்டுள்ளன. எனவே இங்குப் புவிப் பிளவுகளும், லாவா குழம்பு வெளியே வழிந்தும் காணப்படுகின்றன. இப் பழைய பீடபூமிகள் **கோண்டுவானா** நிலத்திலிருந்து பிரிந்து வந்த பகுதிகளாகக் கருதப்படுகின்றன.

(3) பழைய மடிப்பு மலைகள் : கேம்பிரியன் காலத்திற்குப் பிறகுதான் மலைகள் தோன்றியுள்ளன. இவைகளில் மிகப் பழைமையானது கலிடோனியன் (Caledonian) மலையாக்கமாகும். இது சைலூரியன் (Silurian) காலத்திற்கும், டெவோனியன்

(Devonian) காலத்திற்கும் இடையில் சுமார் 400 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு ஏற்பட்டதாகும். இதனையடுத்து ஹெர்சினியன் (Hercynian) மலையாக்கம் கார்பானிபெரஸ் காலத்திற்கும், பெர்மியன் (Permian) காலத்திற்கும் இடையில் சுமார் 270 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு ஏற்பட்டது. இம் மலைத் தொடர்கள் அதற்குப் பிறகு புவி அசைவுகளால் மீண்டும் மேல்நோக்கி உயர்த்தப்பட்டன. கலிடோனியன், ஹெர்சினியன் மலையாக்கத்தில் தோன்றிய பழைய மடிப்பு மலைகளில் முக்கியமானவை அப்பலேச்சியன் மலைகள் (Appalachian mountains), ஆஸ்திரேலியாவின் கிழக்கு மலைத்தொடர்கள் ஆகியனவாகும்.

(4) **இளம் மடிப்பு மலைகள் :** புவி வரலாற்றில் அண்மையில் தோன்றிய இளம் மடிப்பு மலைகளாகிய ஆல்ப்ஸ், இமய மலைகள், ஆண்டிஸ், வட அமெரிக்கா மலைத் தொடர்ச்சி ஆகியவை ஆல்பைன் மலையாக்கத்தைச் (Alpine orozeny) சார்ந்தவையாகும். இம்மலைகள் டெர்ஷியரி (Tertiary) காலத்தின் இடைப் பகுதியில், அதாவது சுமார் 35 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு ஏற்பட்டதாகும். ஜுராஸிக் (Jurassic) காலத்திலேயே இப்பகுதிகளில் புவி அசைவு எற்பட்ட போதும், ஆலிகோசின் (Oligocene), மயோசின் (Miocene) காலங்களில்தாம் இவை மடிப்பு மலைகளாக மேலெழுந்தன. இம்மலைகள் மிக உயரமாகவும், கரடு முரடாகவும், சிகரங்கள் கொண்டதாகவும் இருக்கின்றன. இம்மடிப்பு மலைகளின் மற்றொரு சிறப்பு இவை நீண்ட தொடர்களாக இருப்பதாகும். ஆல்பைன் மலைத் தொடர்களை இரு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை: (1) பசிபிக் கடலைச் சுற்றியுள்ள மலைத் தொகுதி (Circum-Pacific Mountain System), (2) ஆல்பைன்-இமயமலைத் தொகுதி (Alpine-Himalayan System) என்பனவாகும். இளம் மடிப்பு மலைகள் மிகவும் உயரமாக இருப்பதால் இவற்றில் பனி படர்ந்து, உறைபனிச் செய்கையால் பாறைகள் சிதைவுற்று வெகுவாக அரிக்கப்பட்டன. எனவே இவை கரடு முரடாக உள்ளன. இம் மலைகள் தோரணங்களைப் போல் அமைந்து பீடபூமிகளில் கூடுகின்றன. இவை அரிப்பினாலும், வானிலைச் சிதைவினாலும் மிகுதியாகப் பாதிக்கப்பட்டு வந்தாலும் இவற்றின் உயரம் குறையாமல் இருப்பதற்குக் காரணம் சமநிலைத் தன்மையை (Isostatic readjustment) நிலைநாட்டுதற்காக இவை அப்போதைக்கப்போது உயர்த்தப்படுவதாகும்.

(5) **அண்மைக்காலப் படிவுச் சமவெளிகள்:** இவை பாறைகள் அரிக்கப்பட்டு, கடத்தப்பட்டுப் படிந்த படிவுகளால் ஏற்பட்ட தாழ்ந்த சமநிலங்களாகும். படிவுச் சமவெளிகளைப் படிவுப்

பீடம் (Sedimentary platform) என்றும், வண்டல் தாழ் நிலம் என்றும் இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். சில கண்டங்களில் கேடயப் பகுதிகளுக்கும், பழைய மடிப்பு மலைகளுக்கும் இடையிலுள்ள பகுதிகள் இலேசாகக் கடலில் அழுந்தியிருந்தன. ஆழம் குறைந்த இந்தப் பகுதிகளில் (Epicontinental sea) மெல்லிய படிவுகள் படிந்தன. பிறகு இந்நிலங்கள் உயர்த்தப்பட்டுப் படிவுச் சமவெளிகளாக மாறின. வட அமெரிக்கச் சமவெளி இதற்குச் சிறந்த உதாரணமாகும். வண்டல் தாழ் நிலங்கள், ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்குகளில் வண்டல் படிந்து நிரம்புவதால் ஏற்படுவதாகும். இதற்கு உதாரணமாக சிந்து-கங்கைச் சமவெளியையும், வடக்குச் சீனச் சமவெளியையும் (Great plain of North China) குறிப்பிடலாம்.

3. பாறைகள்

நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படும் விதத்தை நன்கு புரிந்து கொள்வதற்குப் புவி ஓட்டிலுள்ள பாறையின் அமைப்பையும், தொகுப்பமைப்பையும் அறிதல் அவசியம். நிலத்தோற்றங்கள் பலவாறுகக் காணப்படுவதற்குப் பாறைகளின் அமைப்பே காரணமாக உளது. மேலும் இயற்கைத் தாவரத்தையும், விவசாயத்தையும் நிர்ணயிக்கும் மண்கள் தோன்றுவதும், தொழிற்சாலைகளின் பரவலுக்குக் காரணமான தாதுப் பொருள்கள் தோன்றுவதும் பாறைகளிலிருந்துதான். குடியிருப்புகளுக்கு இன்றியமையாத நீர் நிலைகளின் பரவலையும் இப் பாறைகளே கட்டுப்படுத்துகின்றன. எனவே, பாறையியல் (Petrology) புவி அமைப்பியலின் ஒரு பகுதியாக இருப்பினும், புவியியல் மாணவர்களும் பாறைகளைப்பற்றி அறிந்துகொள்ளுதல் அவசியமாகும்.

பாறை என்பது பல தாதுப் பொருள்களினுலான ஒரு கூட்டுப் பொருளாகும். ஒவ்வொரு பாறையிலும் பலவித தாதுப் பொருள்கள் பல்வேறு விகிதங்களில் கலந்து காணப்படுகின்றன.

பாறை என்ற சொல் கடினமான பொருளை மட்டும் குறிப்பதில்லை. புவி அமைப்பியலின் அடிப்படையில் பார்த்தால் பாறை என்பது தாதுப் பொருள்களின் இயற்கையான கலவைத் திரட்சியே யாகும். எனவே சேறு, களிமண், மணல் ஆகியவைகளும் பாறைகளேயாகும்.

புவியில் காணப்படும் பாறைகளை அவை தோன்றிய முறையிலிருந்து மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு:

(1) தீப்பாறைகள் அல்லது நெருப்புப் பாறைகள் (Igneous Rocks)

(2) படிவுப் பாறைகள் (Sedimentary Rocks)

(3) மாற்றுருவப் பாறைகள் அல்லது உருமாறிய பாறைகள் (Metamorphic Rocks)

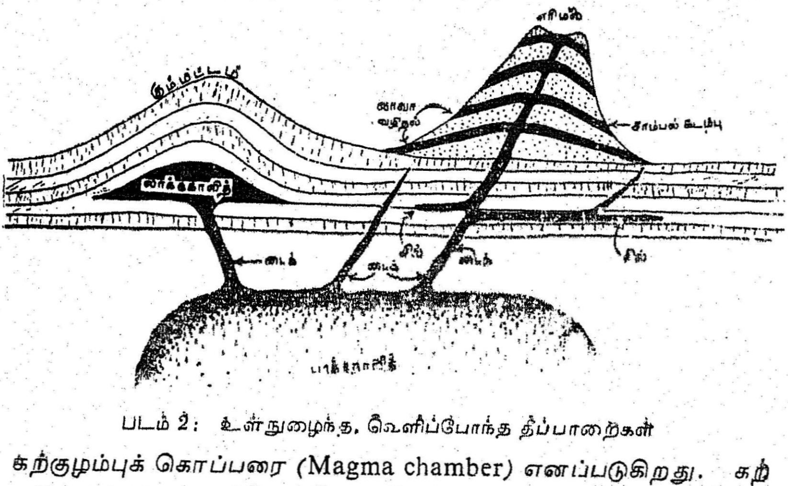
தீப்பாறைகள் (Igneous Rocks)

'இக்னியஸ்' (Igneous) என்ற இலத்தின் பதத்திற்குத் 'தீ' என்பது பொருளாகும். புவி ஓட்டின்கீழ் சுமார் 35 கி.மீ. ஆழத்தில் வெப்பம் அதிகமாக இருந்தாலும், அதிக அழுத்தத்தின் காரணமாகக் கற்குழம்பு திடநிலையில் உள்ளது. புவி அசைவினுல் புவியோட்டின் சில பகுதிகளில் விரிசல் ஏற்பட்டு அழுத்தம் குறையும் போது திடநிலையிலிருக்கும் கற்குழம்பு திரவமாகி நீராவி முதலியவற்றுடன் கலந்து வெளியேறுகிறது. புவி மேலோட்டுப் பகுதியில் அழுத்தம் குறைந்து வெப்பம் தணிவதால் கற்குழம்பு உறைந்து பாறையாகிறது. இவ்வாறு கற்குழம்பு உறைவதால் தோன்றும் பாறைகளுக்குத் தீப்பாறைகள் என்பது பெயர்.

தீப்பாறைகளை உள் நுழைந்த பாறை (intrusive rocks), வெளிப் போந்த பாறை (extrusive rocks) என இருவகைப்படுத்தலாம். கற்குழம்பு புவியோட்டின் அடிப்பகுதியிலுள்ள பாறை இடுக்குகளிலும், விரிசல்களிலும் ஊடுருவிச் சென்று உறைந்து காணப்பட்டால் அது உள்நுழைந்த பாறை எனப்படும். அது புவியின் மேற்பரப்பில் வெளிவந்து உறைந்தால் அது வெளிப் போந்த பாறை எனப்படும்.

உள் நுழைந்த பாறைகள்

இப்பாறைகள் பல நிலத்தோற்றங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. புவியினுள் ஆழத்தில் மாக்மா நிறைந்து காணப்படும் பகுதி



படம் 2: உள்நுழைந்த, வெளிப்போந்த தீப்பாறைகள்

கற்குழம்புக் கொப்பரை (Magma chamber) எனப்படுகிறது. கற்குழம்பு பாறைகளுக்கிடையே அதிக ஆழத்தில் சுமார் 2000 கி.மீ.

வரை பரவி உறைந்திருக்கும் போது அது பெரிய உருவமாகக் காணப்படும். இத்தகைய உருவம் பாதோலித் (batholith) எனப்படுகிறது. சிறிய பாதோலித்துக்கு ஸ்டாக் (stock) அல்லது பாஸ் (boss) என்று பெயர். சில சமயம் கற்குழம்பு பாறைப் படிமானத்தின் (bedding plane) வழியே கிடையாக நுழைந்து உறைகிறது. இதனைச் சில் (sill) அல்லது நுழைந்த படிவம் என்றழைப்பர். பாறைப் படிமானத்திற்குச் செங்குத்தாகச் செல்லும் கற்குழம்பு இடையில் உறையும்போது செங்குத்தான சுவர்போன்ற அமைப்பு தோன்றுகிறது. இது செங்குத்துச் சுவர் (dyke) எனப்படுகிறது. பாறைப் படிமானத்திலிருக்கும் சில்களில் மேலும் மாக்மா சென்று சேர்ந்தால் அது அங்குப் பரவிச்செல்ல இயலாமல் அவ்விடத்திலேயே குவிந்து ஓர் அரைக்கோள வடிவமுள்ள லாக்கோலித்தாக (laccolith) உறைகிறது (படம் 2).

வெளிப்போந்த பாறைகள்

கற்குழம்பு புவியின் மேற்பரப்பில் வந்து உறைந்தால் அது லாவா எனப்படுகிறது. லாவாவை எரிமலைக் குழம்பு என்றும் கூறுவர். லாவாத் திரவம் புவி ஓட்டின் நீண்ட வெடிப்புகளின் வழியே மேல்நோக்கி வரும்போது புவியின் உட்பகுதியைவிட வெளிமண்டலத்தில் வெப்பம் குறைவாக இருப்பதால் அது விரைவில் உறைந்துவிடுகிறது. புவிப் பரப்பில் லாவா பலவகையான நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குகிறது. புவிப் பரப்பை வந்தடையும் லாவா விரைவில் உறையும்போது அதற்கடியில் வெளிப்படும் நீராவியும், வாயுக்களும் அங்கு அழுத்தத்தை அதிகரிக்கச் செய்து திடீரென வெடித்து வெளியேறும். அப்போது லாவா சிதறி எறியப்படுகிறது. இவ்வாறு எறியப்பட்ட லாவா தரையில் குவிந்து காணப்படும் போது அதற்குக் கற்குவியல் லாவா (block lava) என்று பெயர். லாவா அதிக வெப்பம் கொண்டிருக்கும்போது அதிலிருந்து நுண்ணிய வாயுக்குமிழ்கள் மெதுவாக வெளியேறும். அப்போது லாவாவின் மெல்லிய மேலடுக்குக் கயிற்றைப் போல் சுருங்கி உறைகிறது. இதற்குக் கயிற்று லாவா (ropy lava) என்று பெயர். லாவா கடலடித் தளத்தில் அல்லது குளிர்ந்த நீருக்கடியில் உறையும்போது தலையணையைப் போன்ற அமைப்பில் உறைகிறது. இது தலையணை லாவா (lava pillows) எனப்படுகிறது. கேம்பிரியன் காலத்திற்கு முன்பு தோன்றிய இத்தகைய தலையணை லாவா கர்நாடக மாநிலத்தில் காணப்படுகிறது.

நம் நாட்டில் தக்காணப் பீடபூமியில் பல பாகங்களில் பசால்ட் (லாவா) பல மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே நீண்ட வெடிப்புகளின் வழியே பல முறை அடுக்கடுக்காக வெளிவந்து உறைந்

துள்ளன. இவ்வாறு வெளிவந்த பாறைகளில் வாயுக்களின் போக்கால் பல வெற்றிடங்கள் (cavities) தோன்றியுள்ளன. பசால்ட் குழாய் போன்ற துவாரத்தின் வழியே புவிப்பரப்பிற்கு வரும்போது அத்துவாரத்தைச் சுற்றி உறைகிறது. இத்துவாரம் எரிமலை எனப்படுகிறது. எரிமலையிலிருந்து பொங்கிவரும் லாவா வில் வாயுக்கள் அதிக அழுக்கத்திலிருந்து வெளி வருவதால் கற்குழம்போடு வேறு சில பொருட்களும் வெளியேறுகின்றன. அவைகளில் கற்கள், நீராவி, தூசி போன்றவை முக்கியமானவை யாகும். சில சமயம் எரிமலை துவாரம் அடைபட்டிருப்பதால் கற்குழம்பு, துவாரத்தைத் தகர்த்துக் கொண்டு ஆகாயத்தில் தூக்கியெறியப்படுகிறது. அப்போது அது காற்றில் உறைந்து திடப் பொருள்களாக நிலத்தை அடைகிறது. இவ்வாறு தூக்கி யெறியப்பட்டு மீண்டும் நிலத்தை அடையும் பொருட்களில் பிரக்கியா (breccia), பமிஸ்கல் (pumice), ஸ்கோரியா (scoria), லாப்பில்லி, எரிமலை குண்டு, தூசிப் பொருட்கள் ஆகியவை முக்கியமானவைகளாகும். இப்பொருட்கள் எரிமலை வாயைச் சுற்றி குவிந்து விடுவதால்தான் எரிமலை, கூம்பு போன்ற தோற்றத்தைப் பெறுகிறது.

அமைப்புத்தரம் (Texture)

ஒரு பாறை தோன்றும் முறையில்தான் அதன் அமைப்புத் தரம் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. கற்குழம்பிலிருந்து நீரும், வாயுவும் வெளியேறும் தன்மையைப் பொருத்து அது விரைவாகவோ அல்லது தாமதமாகவோ உறைகிறது. நீரும் வாயுவும் இளக்கி களாக (fluxes) இருப்பதால் அவை கற்குழம்பு படிகமாகிற வெப்ப நிலையைக் (crystallization temperature) குறைத்து விடு கின்றன. புவி ஓட்டிற்குள்ளிருக்கும் கற்குழம்பில் நீரும் வாயுவும் அதிகமாக கலந்திருப்பதால் அது குளிர்ந்து படிகமாவது தாமத மாகிறது. தாமதமாக உறைந்த பாறையில் படிகங்கள் பெரிய அளவில் இருக்கின்றன. ஆனால் புவியின் மேற்பரப்பில் வெளி வந்து உறைகிற கற்குழம்பிலிருந்து நீரும் வாயுவும் வெளியேறி விடுவதால் அது விரைவாக உறைகிறது. எனவே அப்பாறைகள் நுண் படிகங்கள் கொண்டதாகக் காணப்படுகின்றன. சில சமயம் லாவா வெகு விரைவாக குளிர்ச்சியடைவதால் பாறைகள் கண்ணாடி போன்றும் (glass), இங்குமங்கும் படிகங்கள் கொண்ட தாகவும் காணப்படுகின்றன.

லாவா பாறைகளை இரசாயன கூட்டமைப்பின்படி அமிலப் பாறை (acidic rock), காரப்பாறை (basic rock) என இருவகை களாகப் பிரிக்கலாம். அமிலப் பாறையில் குவார்ட்ஸ் (சிலிகா),

வெள்ளை அல்லது ரோஜா நிற ஃபெல்ஸ்பார் (Feldspar) ஆகிய தாதுக்கள் அதிகமாகவும், இரும்பு, மகனீசியம் ஆகியவை குறைவாகவும் காணப்படுகின்றன. எனவே அமிலப்பாறை வெளிறிய நிறம் கொண்டிருக்கிறது. எரிமலையிலிருந்து வெளியேறும் லாவாவிலிருந்து வாயுக்கள் அதிக அளவிற்கு வெளியேறுவதால் அது விரைவில் குளிர்ந்து உறைகிறது. எரிமலைக் கூம்புகளில் அமிலப் பாறை அடுக்குகள் காணப்படுகின்றன. இவை அடர்த்தி குறைந்ததாகவும், கடினமாகவும் உள்ளன. எனவே இவை வானிலைச் சிதைவினால் எளிதில் பாதிக்கப்படுவதில்லை. காரப் பாறைகளில் இரும்பும் மகனீசியமும் அதிக அளவில் கலந்திருப்பதால் இவை கருப்பாக தோற்றமளிக்கின்றன. இவற்றிலுள்ள ஃபெல்ஸ்பார் தாதுவின் விகிதம், அமிலப்பாறையினின்று மாறுபட்டுள்ளது. இவை அடர்த்தி அதிகமுள்ளதாகவும், மென்மையானதாகவும் உள்ளன. எனவே வானிலைச் சிதைவினால் எளிதில் பாதிக்கப்படுகின்றன.

தீப்பாறைகளை ஆழத்தின் அடிப்படையில் மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

(1) பாதாளப் பாறைகள் (Plutoric rocks)

(2) இடையாழப் பாறைகள் (Hypabyssal rocks)

(3) எரிமலைப் பாறைகள் (Volcanic rocks)

(1) பாதாளப் பாறைகள் : பாதாளப் பாறைகள், அதிக ஆழத்தில் உறைவதால் தோன்றுகின்றன. அதிக ஆழத்தில் அழுத்தம் அதிகமாக இருப்பதால் கற்குழம்பு உறைவது நீண்ட காலத்திற்கு மெதுவாக நடைபெறுகிறது. எனவே படிக அமைப்பைப் பெற்றுள்ளன. உறைவது மிகவும் மெதுவாக நடைபெறுவதால் படிகங்கள் மிகப் பெரிதாகக் காணப்படுகின்றன. இப்பாறைகளில் தாதுப் பொருள்கள் ஒன்றையொன்று பின்னிக் கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றை நாம் சாதாரண கண்களால் பார்க்க முடியும். எனவே இப்பாறைகளை கண்ணுக்குப் புலப்படும் அமைப்புத்தரம் (phaneritic texture) கொண்டவை எனலாம். பாதாளப் பாறைகளுக்கு உதாரணமாக கிரானைட், சார்னகைட், பெக்மடைட், டயரைட், சயனைட், காப்ரோ ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம்.

கிரானைட் பாறையில் குவார்ட்ஸ், ஃபெல்ஸ்பார், அப்ரகம், பைராக்சின், ஹார்ன் பிளெண்ட் போன்ற தாதுப் பொருள்கள் கலந்துள்ளன. சார்னகைட் பாறையில் பளபளக்கும் கறுப்பு நிற ஹைப்பர்ஸ்தீன் உள்ளது. இதனை ஹைப்பர்ஸ்தீன் கிரானைட்

என்றும் சொல்வர். சார்னகைட் கற்கள் சாலைகள் அமைப்பதற்கு பயன்படுகின்றன. இவை பல்லாவரம், நீலகிரி, சேர்வராயன் மலை, ஆனை மலை, கிழக்குத் தொடர்ச்சி மலை ஆகிய பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. பெக்மடைட் பாறையில் குவார்ட்ஸ், ஃபெல்ஸ்பார் ஆகியவை பெரிய படிகங்களாகப் பிணைந்துள்ளன. இவற்றிலிருந்து அப்ரகம், பெரில் போன்ற கனியங்கள் கிடைக்கின்றன.

(2) **இடையாழப் பாறைகள் :** புவியின் மேல்தளத்திற்கு கீழே சற்று ஆழத்தில் அமைந்த சுவர்ப்பாறை (டைக்), கிடைப் பாறை (சில்), லாக்கோலித் ஆகிய நிலத்தோற்றங்கள் இடையாழத்தில் அமைந்தவைகளாகும். பாதாளத்தில் இருப்பதைவிட இங்கு கற்குழம்பு உறைதல் சற்று துரிதமாக நடைபெறுகிறது. அதனுல் படிகங்கள் முழுமைப் பெற்றிருந்தாலும் உருவில் சிறியனவாய் காணப்படுகின்றன. இவற்றை நுண் நோக்கியின் உதவியால்தான் பார்க்க முடியும். எனவே இப்பாறைகளை கண்ணுக்குப் புலப்படாத அமைப்புத்தரம் (aphaneritic texture) கொண்டவை எனலாம். இவற்றில் பாதாளத்திலிருந்து வந்த பெரிய படிகங்களும் கலந்து காணப்படுகின்றன. சிறு படிகங்களுக்கிடையே ஏற்கனவே ஆழத்தில் தோன்றிய பெரிய படிகங்கள் பதிந்து காணப்பட்டால் அவற்றை பார்ஃபெரி படிகங்கள் (porphyritic crystals) என்பர். இதற்கு உதாரணமாக கிரானைட் பார்ஃபெரி, சயனைட் பார்ஃபெரி, காப்ரோ பார்ஃபெரி ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம். சிறு படிகங்களோடு பெரும் படிகங்களும் கலந்து காணப்படும். பாறைகளுக்கு டாலரைட் (dolerite) பாறை சிறந்த உதாரணமாகும். இது பொதுவாக இடையாழத்தில் டைக்குகளிலும், சில்களிலும் காணப்படுகிறது.

(3) **எரிமலைப் பாறைகள் :** இவை கற்குழம்பு புவியின் மேல் தளத்திற்கு வந்து உறைவதால் தோன்றும் பாறைகளாகும். எரிமலைப் பாறைகளை வெடித்து மேலெழும் வகை (explosive type), அமைதியாக மேலெழும் வகை (quiet type), என இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். வெடித்து மேலெழும் வகையில், கற்குழம்பு நீராவி, வாயு, கற்கள், தூசி, சாம்பல் ஆகியவை பெருமளவில் மிகவேகமாக வெளிவருகின்றன. வீசியெறியப்பட்ட கற்கள், தூசிகள், சாம்பல் ஆகியவை எரிமலை வாயைச் சுற்றி படிந்து எரிமலைக் கூம்பு, தோன்றுகிறது. இதற்கு மாருக அமைதியாக மேலெழும் வகையில் வெடிப்புகளின் வழியே லாவா அமைதியாக மேலெழுந்து பல நூற்றுக்கணக்கான மைல்கள் பரவி அதிக கனமுள்ள அடுக்காக உறைகிறது.

கற்குழம்பு புவியின் மேல்தளத்திற்கு வரும்போது காற்றின் அமுக்கத்திஞல் திடீரென வெப்பத்தை இழக்கிறது. எனவே இது துரிதமாக குளிர்ச்சியடைந்து உறைகிறது. அதஞல் படிகங்கள் வளர்ச்சியடையாமல் உள்ளன. சில சமயங்களில் படிகங்க ளற்ற கண்ணுடிப் போன்ற (volcanic glass) பொருளாக உறை கிறது. கண்ணுடிப் பாறைகளுக்கு உதாரணமாக ஆப்சிடியன் (obsidian), கரிபிசின் பாறை (pitch stone) ஆகியவற்றைக் குறிப் பிடலாம். ஆப்சிடியன் கறுப்பாக கண்ணுடிப் போன்று காணப் படுகிறது. கரிபிசின் பாறை பழுப்பு நிறத்துடன் ஒளி வீச்சு உடையதாக இருக்கிறது. எனவே இப்பாறைகளும் இடையாழப் பாறைகளைப் போல் கண்ணுக்குப் புலப்படாத அமைப்புத் தரத்தைப் பெற்றுள்ளன.

சில எரிமலைப் பாறைகளில் படிகங்கள் காணப்பட்டாலும் குறுகியகால வளர்ச்சியின் விளைவாக மெல்லிழை கொண்ட பாறைகள் தோன்றுகின்றன. லாவா உறைந்து தோன்றும் பசால்ட் இதற்கு உதாரணமாகும். மற்ற எரிமலைப் பாறை களுக்கு உதாரணமாக டாகிலைட் (Tachylite), பமிஸ்கல், நுரைக் கல், ரயலைட் (Rhoyolite) ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம்.

படிவுப் பாறைகள் (Sedimentary Rocks)

திடப் பொருள்கள் படிந்து தோன்றும் பாறைகளைப் படிவுப் பாறைகள் என்கிறோம். இவை பொதுவாக மூன்று முறைகளில் தோன்றுகின்றன.

(1) புவிப் பரப்பில் காணப்படும் பாறைகள் சிதைவுற்று துகள்களாகி ஆறு, பனியாறு, காற்று, கடல் அலை ஆகியவற்ருல் கடத்தப்பட்டு கடல், ஏரி போன்றவற்றில் அடுக்காகப் படிந்து படிவுப் பாறைகளாகின்றன. இவை பௌதிக முறையில் தோன்று வதாகும். இவ்வாறு தோன்றும் பாறைகளில் பாறைத் துகள்கள் ஒன்ருகப் பிணைந்து காணப்படுவதால் இவை கூட்டுப் பாறைகள் (clastic rocks) எனப்படுகின்றன. மணல்துகள்கள் ஒன்றுசேர்ந்து தோன்றும் மணற்பாறை (sand stone) இதற்கு உதாரணமாகும்.

(2) உயிரினங்கள் இறந்தவுடன் அவற்றின் சடலங்கள் நீரில் அல்லது நிலத்தில் குவிந்து படிந்து படிவுப் பாறைகளாகின்றன. இவை உயிரின முறையில் தோன்றியப் பாறைகளாகும். இதே போல் மரம், செடி, கொடிகள் ஆகியவை படிவதாலும் படிவுப் பாறைகள் தோன்றுகின்றன. மேற்கூறிய உயிரினப் பொருள்கள்

சிதைவடைவதனால் தோன்றும். இவை கூட்டற்றப் பாறைகள் (non clastic rocks) அல்லது இரசாயனப் பாறைகள் எனப்படு கின்றன. கடல் வாழ் உயிரினங்களின் சடலங்கள் படிந்து தோன்றும் சுண்ணும்புப் பாறை (lime stone) இதற்கு உதாரண மாகும்.

(3) தாதுப் பொருள்களுக்கிடையே ஏற்பட்ட இரசாயன மாற்றத்தின் விளைவாகத் தோன்றும் புதிய பொருள்கள் குவிந்து படிவுப் பாறைகளாகின்றன. இவை இரசாயன முறையில் தோன்றுவனவாகும். இதேபோல் நீரில் கரைந்திருக்கும் பாஸ் பேட், கால்சியம்-கார்பனேட் போன்ற தாது உப்புக்கள் நீர் ஆவி யாகி விட்டவுடன் அடியிலேயே தங்கி பாறையாகின்றன. பஞ்சாபிலுள்ள உப்புமலை (Salt Range) யில் இத்தகைய உப்புப் பாறைகள் உள்ளன.

படிவுகள் படிந்து பாறைகளாகும்போது அடுக்குகள் நீர் மட்டத்திற்கு இணையாகவும், கிடையாக (horizontal) அமை கின்றன. ஒவ்வொரு அடுக்கையும் தனித்தனியாகவும் பிரித் தறிவது இதில் இயலுகிறது. பெரிய அடுக்கு ஒவ்வொன்றிலும் சிறிய தகட்டு அடுக்குகள் (laminac) காணப்படுகின்றன. படிவுப் பாறைகளில், பாசில்கள் (fossils) நன்கு பாதுகாக்கப்படுவதால், பாறைகளின் வயதை நாம் அறிய முடிகிறது. இவற்றிலுள்ள கிடையான அடுக்குகள் நில அசைவினல் பாதிக்கப்பட்டு சாய்ந்தோ (tilted), மடிந்தோ (folded) அல்லது பிளவுப்பட்டோ (faulted) காணப்படுகின்றன.

படிவுப் பாறைகளை அவற்றில் முக்கியமாகக் கலந்து காணப் படும் துகள்களின் அடிப்படையில் வகைப்படுத்தலாம். உதாரண மாக மணல்துகள்கள் அதிகம்கொண்ட படிவுப் பாறையை மணற் பாறை என்கிறோம். இந்த அடிப்படையில் படிவுப் பாறைகளை நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை. (1) களிமண் பாறை, (2) மணற்பாறை, (3) சுண்ணும்புப் பாறை, (4) கரிமப் பாறை ஆகியவையாகும்.

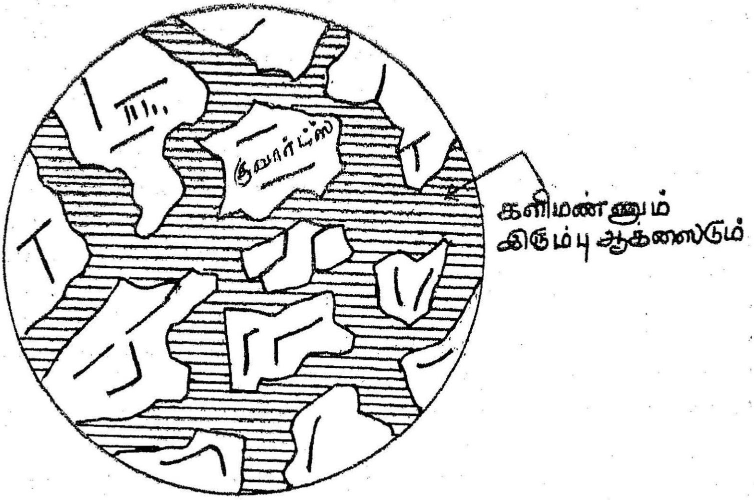
(1) **களிமண் பாறை** (Argillaceous Rocks) மைக்ராஸ் கோப்பின் உதவியால்கூட தனித்தறிய முடியாத மிக நுண்ணிய படிகங்களால் ஆனப் பாறைகளைக் களிமண் பாறை என்று கூறுவர். ஆறு பனியாறு போன்றவைகளால் கடத்தப்பட்டு படிந்த நுண்ணிய படிவுகளே களிமண் பாறையாகின்றன. இப்பாறை களிலுள்ள துகள்களின் விட்டம் 0.001 மி.மீ. முதல் 0.01 மி.மீ. வரை இருக்கும்,

களிமண் நிலத்தைத் தோண்டிப் பார்த்தால் அடித்தளத்தில் ஒரு நிறமும், மேல் தளத்தில் மற்றொரு நிறமும் காணப்படுகிறது. மேல் தளம் வானிலைச் சிதைவினால் பாதிக்கப்படுவதால் அதன் நிறம் மாறுபடுகிறது. ஈரமான நிலையில் களிமண் எந்த உருவத்தையும் பெறும் தன்மை கொண்டதாக உள்ளது. இத்தன்மையைப் பெறாத களிமண்ணை சேற்றுப் பாறை (mud stone) என்பர். சில களிமண் வகைகள் மிக அதிக அளவிற்கு வெப்பப் படுத்தப்பட்டாலும் உருகுவதில்லை. இவை செங்கற் களி (Fire clay) எனப்படுகின்றன. சில வகைக் களிமண் செங்கற் களிகள் செய்ய பயன்படுகின்றன.

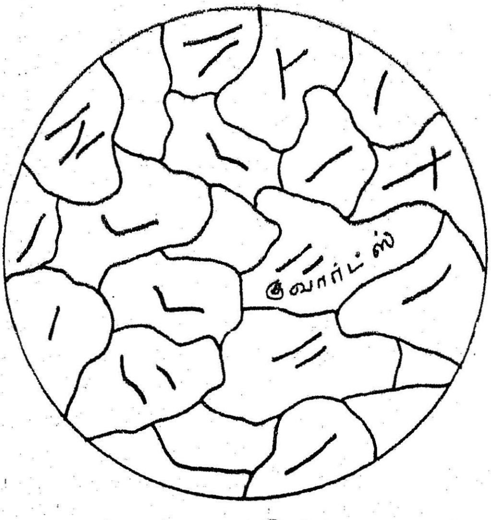
களிமண் கடினமடைந்து திட்டமான அடுக்குகளுடன் அமைந்துவிட்டால் அது மாக்கல் (Shale) எனப்படுகிறது. ஒன்று சேராத சுண்ணாம்புக்கல், ஓரளவுக்குச் சுண்ணாம்பு சத்து நிறைந்த மண் ஆகியவற்றைப் பொதுவாக சுண்ணாம்புக் களிமண் (marl) என்பர்.

(2) **மணற்பாறை** (Arenaceous Rocks) ஆற்று நீரால் அரிக்கப்பட்டு கடத்தப்படும் பாறைகள், பெரிய கற்களாக இருந்து படிப்படியாக தேய்ந்து, கூழாங்கற்களாகி பின்பு மணலாகிறது. நீரோட்டத்தில் நீண்டகாலமாக ஒன்றோடொன்று உராய்வதால் உருண்டையாகிவிட்ட பெரிய கற்கள், இணைந்து கலவைக் கற்பாறைகள் (conglomerate) தோன்றுகின்றன. சில சமயம் கற்கள் உருண்டையாக தேய்வதற்கு முன்பே இணைந்து பாறையாகின்றன. உருண்டையாக இல்லாமல் பட்டையாக இருக்கும் துகள்களைக் கொண்ட பாறை பரற்பாறை (Breccia) எனப்படுகிறது. இப்பாறைத் துகள்களின் விட்டம் 50 மி.மீ முதல் 200 மி.மீ. வரை இருக்கும். இப்பாறைகளில் களிமண், இரும்பு ஆக்ஸைடு, சிலிகா போன்றவை பாறைத் துகள்களை இணைக்கும் பொருள்களாக (cementing material) உள்ளன.

பரற்கற்களைவிட மெல்லிழைகள் கொண்ட படிவுகள் மணற் படிவுகள் எனப்படுகின்றன. இவ்வகைப் படிவுகள் ஒன்று சேர்ந்து மணற்பாறை தோன்றுகிறது. இப்பாறைகளிலுள்ள மணல் துகள்களின் விட்டம் 0.10 மி.மீ முதல் 1 மி.மீ வரை இருக்கும். இப்பாறைகள் பல்வேறு தாதுப் பொருட்களால் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. உதாரணமாக குவார்ட்ஸ் துகள்கள் களிமண்ணால் நன்கு பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. மணல் துகள்களை இணைப்பதற்கு சிலிகா பயன்பட்டால் மிகவும் உறுதியான குவார்ட்சைட் (Quartzite) தோன்றுகிறது. (படம்: 3) மணற்பாறைகளில் இரும்பு ஆக்ஸைடு இணைப்புப் பொருளாக இருப்பின் இப்



நுண்ணோக்கியில் மணற்பாறை



நுண்ணோக்கியில் குவார்ட்சைட்

படம் 3 : நுண்ணோக்கியில் மணற்பாறையும் குவார்ட்சைட்டும்

பாறைகள் சிவப்பு நிறமுடையதாக இருக்கும். இவை செம்மணற் பாறைகள் (Red sand stone) எனப்படுகின்றன. டெல்லியிலுள்ள செங்கோட்டை, ஆக்ராவிலுள்ள கோட்டைகள் ஆகியவை யாவும் செம்மணற் பாறைகளால் கட்டப்பட்டவையே ஆகும்.

சில சமயங்களில் மணற் படிகங்களே பாறைகளுக்கு தனித் தன்மையைத் தருகின்றன. உதாரணமாக மணற்பாறையில் பெல்ஸ்ஃபார் துகள்கள் காணப்பட்டால் அப்பாறை ஆர்கோஸ் (Arkose) அல்லது பெல்ஸ்ஃபார் மணற்பாறை எனப்படுகிறது. மணல் அளவைவிடத் துகள்களின் அளவு அதிகமாக இருப்பின் அப்பாறை பெரு மணற்பாறை அல்லது கிரிட் (grit) எனப்படுகிறது. களிமண் துகள்களைவிடப் பெரியதாகவும் மணல் துகள்களை விடச் சிறியதாகவும் இருக்கும் இடைநிலைத் துகள்களைக் கொண்ட பாறைகளை மண்டி (silt) என்று அழைக்கிறோம்.

(3) **சுண்ணும்புப் பாறை** (Calcareous Rocks): பெரும் பாலான சுண்ணும்புப் பாறைகள் உயிரினங்களின் எஞ்சிய பொருட்களால் ஆனவை. கடல் வாழ் உயிரினங்கள் நீரிலிருந்து கால்சியம் கார்பனேட் தாதுவை ஈர்த்து தங்கள் கூடுகளைக் கட்டிக் கொள்கின்றன. அவை இறந்த பிறகு அவற்றின் கூடுகள் நீரினுள் மெல்ல அமிழ்ந்து கடலடித் தளத்தை அடைகின்றன. அவை அவ்வாறு குவிந்து அமைந்த படிவுகளே சுண்ணும்புப் பாறைகளாக மாறுகின்றன. எனவே சுண்ணும்புப் பாறைகளில் கால்சியம் கார்பனேட் அல்லது கால்சைட் தாதுக்கள் நிறைந்துள்ளன. இப்பாறைகள் மஞ்சள் அல்லது சாம்பல் நிறத்தில் காணப்படுகின்றன. நீர்த்த அமிலத்துடன் நுரைத்தல் சுண்ணும்புப் பாறைகளின் தனிப் பண்பாகும். சாக் (chalk) ஒருவகை சுண்ணும்புப் பாறையாகும். இப்பாறைகளில் நுண்ணுயிர்களின் கெட்டியான ஓடுகள் ஓரளவுக்கு நிறைந்து காணப் படும். சாக் பாறையில் பிளின்ட் (Flint) என்ற சிக்கிமுக்கி கற்கள் காணப்படுகின்றன. சிலிகாவிலிருந்து தோன்றியதாகக் கருதப் படும். பிளின்ட் உருண்டையாகவும் கருப்பாகவும் உள்ளது.

சில சுண்ணும்புப் பாறைகள் மொலஸ்குகளின் (mollusca) கூடுகளால் ஆனவை. இவற்றிலும் கால்சியம் கார்பனேட் தாதுவே நிறைந்துள்ளது. முருகைகள் (corals), சிப்பிகல் (shells) மற்றும் சில பாசில்கள் கால்சியம் கார்பனேட்டால் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. இத்தகைய பாறை சிப்பி சுண்ணும்புக்கல் (shell lime stone) எனப்படுகிறது. திருச்சிராப்பள்ளி மாவட்டத்தில் தருடமங்கலம் என்னுமிடத்தில் இப்பாறைகள் காணப்படுகின்றன.

இவ்வகை சுண்ணும்புக் கற்களைச் சிமெண்ட் செய்யப் பயன்படுத்து கிறார்கள். சுண்ணும்புக் கற்களிலுள்ள கால்சைட் தாது டாலமைட்டாக மாறுவதுண்டு, அப்போது அது டாலமைட் (Dolamite) எனப்படுகிறது. அஸ்ஸாமிலுள்ள காசி மலைகளில் கிடைக்கும் சிலெட் (Sylhet) சுண்ணும்புப் பாறையில் இயோசின் காலத்து நுமிலிட்டிக் சுண்ணும்புப் பாறை (Nummulitic lime stone) மிகுதியாகக் காணப்படுகிறது. பஞ்சாப் உப்புமலையில் (Salt Range) பெர்மியன் சுண்ணும்புப் பாறைகள் காணப்படுகின்றன.

(4) **கரிமப் பாறை** (Calbonaceous Rocks): தாவரங்களில் கரிமப்பொருளும் (Carbon), நீரும், உப்புகளும், நைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் போன்ற வாயுப் பொருட்களும் காணப்படுகின்றன. தாவரங்களிலிருக்கும் கரிமப்பொருட்களால் ஆன பாறைகளைக் கரிமப்பாறைகள் என்கிறோம். தாவரப் பொருட்களால் ஆன பாறைகள் பல விதங்களில் தோன்று கின்றன. மரங்கள் பாசிகள் ஆகியவை நீரில் மிதந்து சென்று படிந்து பாறைகளாகின்றன. காடுகள் நிறைந்தப் பகுதியில் நில அதிர்ச்சி தோன்றும்போது தாவரங்கள் மண்ணால் மூடப்பட்டு பின்புப் பாறைகளாக மாறும். கரிமப் பாறைகள் பெரும்பாலும் ஆற்றின் படிதல் செயலால் தோன்றும். ஆறுகள் ஏரிகளைச் சேரும்போது படிவுகள் ஏற்படுகின்றன. இந்தப் படிவுகளுடனே ஆற்றுநீரால் கடத்தப்பட்ட மரம், செடி. இலை போன்ற தாவரப் பொருட்களும் படிகின்றன. இவ்வாறு ஏரிகளில் படிந்த தாவரப் பொருட்கள் சிதைவடைந்து நாளடைவில் சதுப்பு நிலமாக (Peat) மாறுகிறது. மக்கிய தாவரப் பொருட்களின் அமைப்பைப் பெற்றுள்ள இப்பாறை பீட் பாறை (Peat) எனப்படுகிறது. பீட் பழுப்பு நிறமுள்ள கரிமப் பாறையாகும். இது நார் நாராகவும் பஞ்சுபோன்ற பொருட்களால் ஆக்கப்பட்டது போன்றும் தோன்றும். காலப்போக்கில் பீட் பாறை லிக்னைட் நிலக்கரியாக (lignite) மாறுகிறது. லிக்னைட் அதிக ஆழத்தில் இருந்தால் நாளடைவில் பிட்டுமின் நிலக்கரியாக (Bituminons Coal) மாறி பின்பு ஆன்திரஸைட் நிலக்கரியாகிறது. (Anthracite). எனவே நிலக்கரி அகப்படும் இடங்கள் பழங்காலத்தில் பெரிய கொப்பரைகளாக இருந்திருக்கக்கூடும். அவற்றில் இருந்த மரங்கள் படிவங்களாக படிந்துள்ளன.

மேற்கூறிய வகைகளைத் தவிர லோயஸ் போன்ற காற்றடி வண்டல் படிந்தும், எரிமலை தூசிகள் (tuff) படிந்தும், பனியாறுகளால் கொண்டுவரப்பட்ட களிமண் (Boulder clay or Till) படிந்தும் படிவுப் பாறைகள் தோன்றுகின்றன.

உருமாறிய பாறைகள் (Metamorphic Rocks)

மெட்ட மார்பி (meta morphe) என்ற கிரேக்க பதத்திற்கு உருமாற்றம் என்பது பொருளாகும். ஏற்கனவே தோன்றியுள்ள தீப்பாறை, படிவுப்பாறை ஆகியவை வெப்பத்தாலும் அழுத்தத்திஞலும் பாதிக்கப்பட்டு உருவத்திலும் தொகுப்புமைப்பிலும் மாறுபட்டு புதிய பாறைகளாக உருமாறுகின்றன. இவற்றை உருமாறியப் பாறைகள் (metamorphic rocks) அல்லது மாற்றுரு பாறைகள் என்கிறோம். பாறைகள் உருமாறுவது, அவற்றின் கடினத்தன்மை, புரைத்தன்மை, துகள்களின் அளவு; கனியங்களின் இராசயனம், செய்கை, கரையும் தன்மை ஆகியவற்றைப் பொருத்துள்ளது.

பாறைகள் உருமாறுவதற்கு (1) வெப்பம் (2) அழுத்தம் (3) பக்கவாட்டத்தகைவு (4) கீழ்நோக்கித்தாழ்தல் (subsidence) (5) நில அசைவு (6) கரைதல் (solution) ஆகியவை முக்கிய காரணங்களாகும்.

மேற்கூறிய காரணங்களினுல் பாறைகள் உருமாறும்போது அவற்றில் (1) பௌதிக அல்லது இரசாயன மாற்றம் அல்லது இரண்டுமே ஏற்படுகிறது. (2) பாறைகளிலுள்ள கனியங்கள் வேருக மாறுகின்றன. (3) கனியங்களின் அணு அரிப்பு சிதைந்து முற்றிலும் வேறுபட்ட அணுச் சீரமைப்பு (atomic re-arrangement) அல்லது மறுபடிகமாதல் (Re-crystallization) ஏற்படுகிறது. (4) அப்போது கனியங்களில் இரசாயன மாற்றம் ஏற்பட்டு புதிய கனியங்கள் தோன்றுகின்றன. (5) கனியத்துகள்களின் படிக அமைப்பு மாறுகிறது. (6) புதிய பொருட்கள் சேர்க்கப்படுகின்றன. (7) சில பாறைகள் தகடுகளாக (foliation) உடையும் தன்மையைப் பெறுகின்றன.

உருமாறும் பாறைகளை அவை உருமாறும் முறையைக் கொண்டு 3 வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

(1) தொடர்பு மாற்றுருவாக்கம் (Contact metamorphism)

(2) பிரதேச மாற்றுருவாக்கம் (Regional metamorphism)

(3) மெட்டா சோமாடிஸம் (Metasomatism)

(1) **தொடர்பு மாற்றுருவாக்கம்** : கற்குழம்பு புவியோட்டிற்குள் பாறைகளைக் குடைந்துச் செல்லும் போது அதன் வெப்பம் பட்டு பாறைகள் உருமாறுகின்றன. இது வெப்ப மாற்றுருவாக்கம் (Thermal metamorphism) எனப்படும். உதாரணமாக கற்குழம்பு (லாவா) சுண்ணும்புப் பாறையில் நுழைந்தால் கற்குழம்பைச் சுற்றி அமைந்த சுண்ணும்புப் பாறை சலவைக் கல்லாக (marble) மாறுகிறது.

சிறு நில அசைவுகளால் பாறைகள் ஒன்றோடொன்று அமுக்கப் பட்டு உருமாறுகின்றன, அப்போது பாறைகள் நொறுக்கப்பட்டு சிறு துகள்களாகின்றன. இவ்வாறு மாறுவதை துகள்களான மாற்றுருவாக்கம் (cataclastic metamorphism) என்கிறோம்.

இவ்வாறு நேரடித் தொடர்பினால் பாறைகள் மாறுவதை தொடர்பு மாற்றுருவாக்கம் என்கிறோம். இது குறுகிய பரப்பில் மட்டுமே காணப்படுகிறது. எனவே, இதனை வட்டார மாற்றுரு வாக்கம் (Local metamorphism) எனவும் சொல்வதுண்டு.

(2) **பிரதேச மாற்றுருவாக்கம் :** மலையாக்க அசைவுகளால் பெரிய பரப்பில் அமைந்த பாறைகள் அமுக்கப்படும் போது பக்க வாட்டத் தகைவினால் (stress) பாறைகளிலுள்ள கனியங்களில் அணு சீரமைப்பு ஏற்பட்டு அவை உருமாறுகின்றன. இவ்வாறு வலிமை வாய்ந்த நில அசைவுகளால் பெரிய பரப்பளவிற்கு பாறைகள் உருமாறுவதை பிரதேச மாற்றுருவாக்கம் (Regional metamorphism) என்பர்.

(3) **மெட்டா சோமாடிஸம் :** சில சமயம் அமிலம் கலந்த நீர் பாறைகளின் விரிசல்களில் நுழைந்து பக்கச் சுவர்களை மாற்றி யமைக்கிறது. இவ்வாறு மாறுதல் அடைவதை மெட்டா சோமாடிஸம் என்கிறோம். தங்கம், வெள்ளி, போன்ற விலை உயர்ந்த உலோகங்கள் இம்முறையில்தான் தோன்றியதாகக் கருதப்படுகிறது.

பாறைகள் உருமாறும்போது இரண்டு பண்புகளைப் பெறு கின்றன. அவை (1) படிகமாதல் (2) கடினமாதல் ஆகியவை யாகும். படிகமாற்ற பாறைகள் உருமாறும்போது படிகப் பாறைகளாக மாறிவிடுகின்றன. மென்மையான (soft rocks) பாறைகள் உருமாறுவதால் கடினப் பாறை (hard rocks) களா கின்றன.

மணற்பாறை உருமாறும்போது, குவார்ட்ஸ் துகள்களில் மறு அணு அமைப்பு ஏற்பட்டு ஒன்றுக்கொன்று பிணைத்துக் கொண் டுள்ள படிக அமைப்புக் கொண்ட மாற்றுரு குவார்ட்சைட் (metamorphic Quartzite) பாறையாக மாறுகிறது. இப்பாறைகள் உடைபட்டால் துகள்களின் குறுக்கே உடைகிறது. மணற் பாறையில் துகள்களை இணைக்கும் பொருள்களான களிமண், இரும்பு ஆக்ஸைடு ஆகியவை அதிக அளவில் இருந்தால், மணற் பாறை மாற்றுரு அடைந்தபின் ஹிமடைட் குவார்ட்சைட்டாக வும், மாக்னடைட் குவார்ட்சைட்டாகவும் மாறுகிறது. சேலம் மாவட்டத்திலுள்ள கஞ்சமலைக் குன்றுகளிலுள்ள மாக்னடைட்

குவார்ட்சைட்டும், கர்நாடகத்திலுள்ள பாபாபுடான் குன்றுகளிலுள்ள ஹிமடைட் குவார்ட்சைட்டும் இவ்வாறு தோன்றியவைகளாகும்.

சுண்ணும்புக்கல் உருமாறினுல் அவற்றிலுள்ள கால்சைட் அல்லது கால்சியம் கார்பனேட் படிகங்கள் ஒன்றையொன்று பின்னிக் கொண்டு சலவைக் கல்லாக (marble) மாறுகிறது. சலவைக் கல்லிலுள்ள கால்சிய, மகனீசிய, அலுமினிய சிலிகேட்டுகளைப் பொறுத்து அது வெண்மை, கருப்பு, பச்சை முதலிய நிறங்களில் காணப்படுகிறது.

களிப் பாறை (shale) குறைவான வெப்பத்தாலும், அமுக்கத்தாலும் பாதிக்கப்பட்டு கடினமாகி பலகைப் பாறையாக (slate) மாறுகிறது. இதிலிருக்கும் சிலிகா, அலுமினியம் ஆக்ஸைடு, இரும்பு ஆக்ஸைடு போன்றவை இக்கற்களுக்கு கருப்பு அல்லது சிவப்பு நிறத்தை அளிக்கிறது. பலகைப் பாறை பாளம் பாளமாக உடையக் கூடியது இது எழுதும் பலகையாகப் (School slate) பயன்படுகிறது. வெப்பமும் அமுக்கமும் சிறிது அதிகமானுல் களிப்பாறை, மின்னும் பலகைப் பாறையாக (phyllite) மாறுகிறது. வெப்பமும், அமுக்கமும் மேலும் அதிகரித்தால் களிப் பாறை, சிஸ்ட் (sehist) பாறையாக உருமாறுகிறது. சிஸ்ட் பாறையில் கனியங்கள் நீண்ட தகடுகளாகக் காணப்படுகின்றன. வெப்பமும், அமுக்கமும் மிக அதிகமானுல் களிப்பாறை உருமாறி நைஸ் (Gneiss) பாறையாகிறது. நைஸ் பாறையில் குவார்ட்ஸ், ஃபெல்ஸ்பார் தாதுக்கள் அதிகமாக உள்ளன.

கீழ்க் காணும் அட்டவணையில் முக்கிய உருமாறிய பாறைகளும் அவற்றின் மூலப் பாறைகளும் தரப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 1

மூலப் பாறைகள்	உருமாறிய பாறைகள்
படிவுப் பாறைகள் ; மணற்பாறை கிரிட்	குவார்ட்சைட்
களிமண் களிப்பாறை சேற்றுப்பாறை	பலகைப்பாறை சிஸ்ட்
சுண்ணும்புப் பாறை பிட்டுமினஸ் (தாவரப் பொருள்	சலவைக்கல் கிராபைட்
தீப்பாறைகள்	
ஆகைட் (Augite) கிரானைட்	ஹார்ன் பிளண்ட் நைஸ்

பாறைகளும் நிலத்தோற்றங்களும்

பாறைகளின் அமைப்பு, தன்மை ஆகியவற்றைப் பொருத்து நிலத்தோற்றங்கள் வெவ்வேறு அமைப்புகளில் காணப்படு கின்றன. எனவே புவித் தளத்தில் காணப்படும் நிலத்தோற்றங்கள் யாவும் அவை அமைந்துள்ள பாறைகளின் தன்மையைப் பிரதி பலிக்கின்றன. அடுக்குகள் கொண்ட பாறை, மடிந்த பாறை, பிளவுபட்ட பாறை ஆகிய ஒவ்வொன்றிலும், அதன் அமைப்பைப் பொருத்து நிலத்தோற்றங்கள் எனப்படுகின்றன. இதே போல் பாறைகளின் நீர் புகுத் தன்மை (permeability) கரையும் தன்மை, கடினத் தன்மை ஆகியவற்றைப் பொருத்தும் பாறைகளில் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள் அமைகின்றன.

உள்நுழைந்த தீப்பாறைகளாகிய பாத்தோலித், லாகோலித், பாஸ் போன்ற நிலத்தோற்றங்கள் புவியின் மேல் தளத்தை யொட்டி இருக்கும்போது அவை அரிக்கப்பட்டு வெளிப்படுவதால் கும்மட்டங்கள் (domes) தோன்றுகின்றன. இவை வானிலைச் சிதைவினுல் எளிதில் பாதிக்கப்படாததால் இவற்றின் அமைப்பு, நீண்ட காலத்திற்கு மாருமல் இருக்கிறது. இதேபோல் உள் நுழைந்த தீப்பாறைகளாகிய டைக், சில் போன்றவை. புவிப் பரப்பில் நீண்ட சுவர்களாகவும், நீண்ட குன்றுகளாகவும், குத்தெதிர் பாறைகளாகவும் காட்சி தருகின்றன.

கடினப் பாறைகளைவிட மென் பாறைகள் எளிதில் அரிக்கப் படுவதால் களிப்பாறை நிறைந்த பகுதிகளில் தாழ் நிலங்கள் (low lands) தோன்றுகின்றன. சுமாரான கடினத் தன்மை கொண்ட சாக் பாறைகள் நிறைந்த பகுதியில் அப்பாறைகள் அரிக்கப்பட்டு உருளும் தாழ் நிலங்களும், சிறு குன்றுகளும் தோன்றுகின்றன. சாக் பாறைகள் மென்மையாக இருந்தும் அவற்றிலுள்ள விரிசல்களின் (joints) வழியே நீர் சுலபமாக கீழ் நோக்கி இறங்கி விடுவதால் தளத்து நீரால் அப்பாறைகள் ஓங்கி நிற்கின்றன. சுண்ணும்புப் பாறைகளில் விரிசல்கள் (Joints) அதிகம் காணப்படுவதால் அப்பாறைகள் பலவீனமடைந்து பின்பு வானிலைச் சிதைவினுல் எளிதில் பாதிக்கப்படுகின்றன. எளிதில் அரிக்கப்படாத கடினப் பாறைகள் உள்ள பகுதியில் நிலத் தோற்றங்கள் பெரியதாகவும், உயர்ந்தும் காணப்படுகின்றன. எனவே உயர்ந்த நிலங்கள் பெரும்பாலும் கடினப் பாறைகளால் ஆனவையே என்பது தெளிவாகிறது.

கடினமான மணற்பாறைகள் கிடையான அடுக்குகளைக் கொண்டிருப்பதால் அவை அரிக்கப்படும்போது மேஜை நிலத்

தோற்றங்கள் (tabular topography) தோன்றுகின்றன. மணற் பாறைகளில், களிப்பாறை (shale) அடுக்குகள் இடையிடையே காணப்பட்டால் அவை அரிக்கப்பட்டு படிக்கட்டு அமைப்பு கொண்ட நிலத்தோற்றம் ஏற்படுகிறது. நீர் புகாத (impermeable), நீரில் கரையாத கடினத் தன்மை கொண்ட பாறைகளில் உருண்டையான மழுங்கிய நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன, உதாரணமாக மித வெப்ப மண்டலப் பகுதிகளிலுள்ள கிரானைட் பாறைகளில் உருண்ட சிகரம் கொண்ட மலைகள் தோன்றுகின்றன. இதற்கு மாறாக கடினமான குவார்ட்சைட் பாறை நிறைந்த பகுதியில் கூரான சிகரங்கள் கொண்ட மலைகளும் கரடு முரடான நிலத்தோற்றங்களும் உள்ளன.

கடினப்பாறை மென்பாறை அடுக்குகள் மாறிமாறி இருக்கும். படிவுப் பாறைகள் அரிக்கப்படும் போது சமச் சீரற்ற குன்றுகள் (asymmetrical hills) தோன்றுகின்றன. இவற்றில் குத்தெதிர்ப் பாறைகள் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன.

இதுவரை பாறைகளின் தோற்றம், வகை, அவற்றில் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள் ஆகியவற்றை சுருக்கமாகப் பார்த்தோம். அரிப்புச் செய்முறைகளை விவரிக்கும் அத்தியாயங்களில் நிலத்தோற்றங்களின் தோற்றத்தை மேலும் விரிவாக பார்ப்போம்.

4. பாறையின் அமைப்பு

(Structure)

பாறை அமைப்பு (structure) என்பது பாறைகள் நில அசைவுக்கு பின்பு அடைகிற தோற்றத்தைக் குறிக்கும் ஒட்டுருவறிதலால் (diastrophism) புவி ஓட்டில் பெரிய அளவிலும், சிறிய அளவிலும் அசைவுகள் ஏற்படுகின்றன. கிடையாகப் படிந்துள்ள படிவுப் பாறைகள் இவ்வசைவுகளால் பாதிக்கப்பட்டு மடிந்து, நெருக்கப்பட்டு, பிளவுபடுகின்றன.

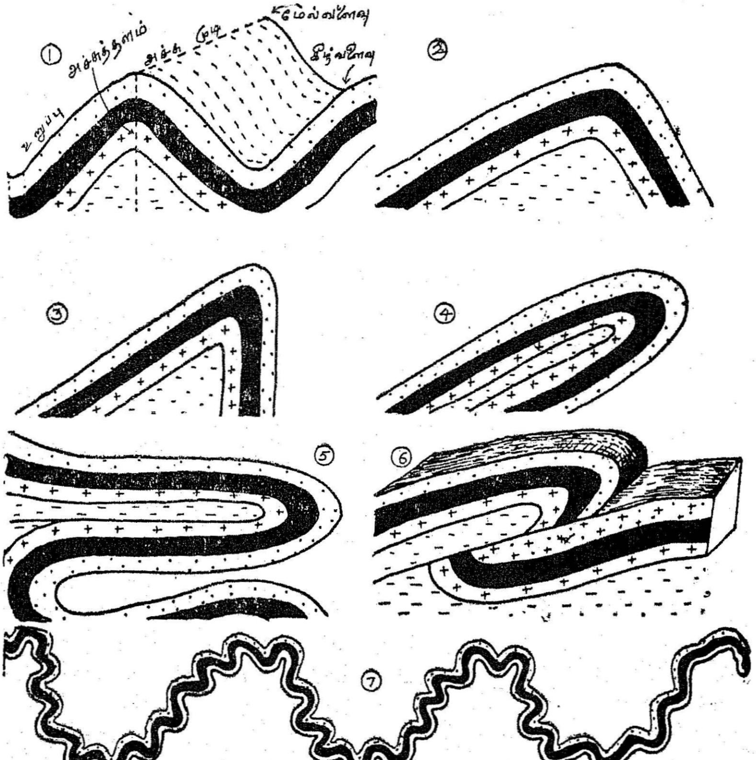
மடிப்புகள் (Folds)

புவி ஓட்டின் பலவீனப் பகுதியிலுள்ள படிவுப் பாறைகள் அமுக்க விசை அல்லது பக்கவாட்டத் தகைவினால் நெருக்கப்படுவதால் மடிப்புகள் (folds) தோன்றுகின்றன. பாறைகளில் மடிப்புகள் தோன்றுவதற்கு நீண்டகாலம் ஆகிறது. இவை சாதாரணமாக அடுத்தடுத்து மேல்நோக்கியும், கீழ் நோக்கியும் மடிந்து காணப்படுகின்றன. மேல்நோக்கி மடிந்ததை மேல் வளைவு (anticline) என்றும், கீழ்நோக்கி மடிந்ததை கீழ் வளைவு (syncline) என்றும் கூறுகிறோம். மடிப்பின் இரு புறத்திலும் சார்ந்திருக்கும் அடுக்குகளை உறுப்புகள் (limbs) என்பர். உறுப்புகளை சம பாகங்களாகப் பிரிக்கும் தளத்திற்கு மடிப்பு அச்சுத் தளம் (axial plane) என்பது பெயர். இத்தளமும், அடுக்குத் தளமும் வெட்டுக்கோடு மடிப்பு அச்சு (axis) எனப்படுகிறது. (படம்: 4)

மடிப்பு வகைகள்

அமுக்க விசையின் தன்மைக்கேற்ப மடிப்புகள் அமைப்பில் வேறுபடுகின்றன. மேல் வளைவின் இரு உறுப்புகளின் சாய்மானக் கோணங்கள் சமமாக இருப்பின் அம்மடிப்பு சமச்சீர்மடிப்பு அல்லது ஒத்த மடிப்பு (symmetrical fold) எனப்படும். புவியோட்டில் ஒத்த மடிப்பைக் காண்பது மிகவும் அரிது. மடிப்பு உறுப்புகளின் சாய்மானக் கோணம் சமமாக இல்லையெனில் இரு உறுப்புகளில் ஒன்று சரிவு மிகுந்ததாக இருக்கும். இம்மடிப்பை சமச் சீரற்ற மடிப்பு அல்லது ஒத்தமையா மடிப்பு (asymmetrical fold) எனப்

படும். விசைவந்த திசையில் சாய்வு அதிகமாவதால் இவ்வமைப்பு தோன்றுகிறது. அதாவது விசை வந்த திசையிலுள்ள உறுப்பு மென் சரிவைக் கொண்டிருக்கும். விசை மேலும் அதிகமானல் மடிப்பின் ஒரு உறுப்பு உந்தப்பட்டு செங்குத்தாக அமைகிறது.



படம் 4: மடிப்புகளின் வகைகள்.

(1) ஒத்தமடிப்பும் அதன் பாகங்களும் (2) ஒத்தமையா மடிப்பு (3) ஒற்றை சாய்வு மடிப்பு (4) சம சாய்வு மடிப்பு (5) படிந்த மடிப்பு (6) உதைப்பு பிளவு (7) பன் மடிப்பு மேல் வளைவும் பன் மடிப்பு கீழ் வளைவும்.

இது ஒற்றைச் சாய்வு மடிப்பு (monoclinal fold) எனப்படுகிறது. இத்தகைய மடிப்பு இந்தியாவில் காசி மலையிலும், சிலட் சமவெளியிலிருந்து வடக்கில் சிரபுஞ்சி பீடபூமி வரையிலுள்ள பகுதிகளிலும் காணப்படுகிறது. ஒற்றைச் சாய்வு மடிப்பு மேலும் உந்தப்படும்போது அதன் உறுப்புகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக அமைகின்றன. இது சமச்சாய்வு மடிப்பு (Isoclinal fold) எனப்படுகிறது. இவ்வாறு ஒரே திசையில் சாய்ந்திருக்கும் உறுப்புகளைக் கொண்ட மடிப்பை தலைகீழ் மடிப்பு (over fold) என்றும்

கூறுவர். உந்து விசை மேலும் தொடர்ந்தால் சமச் சாய்வு மடிப்பு கிடையாக அமையும். இது படிந்த மடிப்பு (Recumbent fold) எனப்படுகிறது. படிந்த மடிப்பில் விசை இன்னும் அதிகரித்தால், மடிப்பில் ஒரு உறுப்பு உதைப்புத் தளத்திலேயே (Trrust plane) உடைந்து முன்னோக்கி தள்ளப்படுகிறது. சில சமயம் அது வெகு தூரத்திற்கு உந்தப்படுவதுண்டு. இவ்வாறு மடிப்பின் உறுப்புகள் (அடுக்குகள்) பிரிந்து இடம் பெயரும் அமைப்பை உதைப்புப் பிளவு (nappe or over thrust fault) என்கிறோம். உதைப்புப் பிளவில் கீழ் உறுப்பிலுள்ள அடுக்குகள் தலைகீழாக மாறி அமைந்திருக்கும். இத்தகைய மடிப்புகளும் உதைப்புப் பிளவுகளும் இமயமலையில் காணப்படுகின்றன. உதைப்பு விசை மிக அதிகமாக இருக்கும்போது பாறைகள் அடுக்கான பாளங்களாக உடைகின்றன. இவை அடுக்குப் பிளவுகள் (imbricate structure) எனப்படும். ஒரே மடிப்பில் பல சிறு மடிப்புகள் தோன்றினால் அவை பன்மடிப்பு மேல்வளைவு (anticlinorium) என்றும் பன்மடிப்பு கீழ்வளைவு (synclinorium) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

புவியோட்டில் ஒரு பெரிய பரப்பில் ஏற்படும் லேசான வளைவை பலகை வளைதல் (warping) என்கிறோம். புவி அசைவைப் பொருத்து இது மேல்நோக்கியோ அல்லது கீழ்நோக்கியோ வளைகிறது. இது பல மைல் தூரம் வரை காணப்படுகிறது. மேல் நோக்கி வளைந்த நிலப்பகுதி ஜியான்டிக்கிளைன் (Geanticline) என்றும் கீழ் நோக்கி வளைந்த நிலப்பகுதி ஜியோசின்கிளைன் (Geosyncline) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

விரிசல்கள் (Joints)

பாறைகளில் அமைந்துள்ள வெடிப்புக்களை விரிசல்கள் (joints) என்கிறோம். இழு விசைத் தகைவினால் (tensional strees) பாறைகள் விலக்கப்படுவதால் விரிசல்கள் தோன்றுகின்றன. விரிசல்கள் பொதுவாக குறுகிய பரப்பில் ஏற்படும். இவை சில அடிகள் முதல் பல்லாயிரம் அடிகள் வரை நீளம் கொண்டுள்ளன. பாறைகளில் இவை பல்வேறு திசைகளில் அமைந்துள்ளன. இவை தோன்றும்போது பாறைகள் இடம் பெயர்வதில்லை.

விரிசல்கள் தோன்றுவதற்குப் பல காரணங்கள் உண்டு. அவை (1) நில அசைவு (2) அழுத்தம் விடுப்படுதல் (3) லாவா குளிர்ந்து உறைதல் (4) படிவுகள் உலர்தல் (5) படிகமாதல் ஆகியவையாகும்.

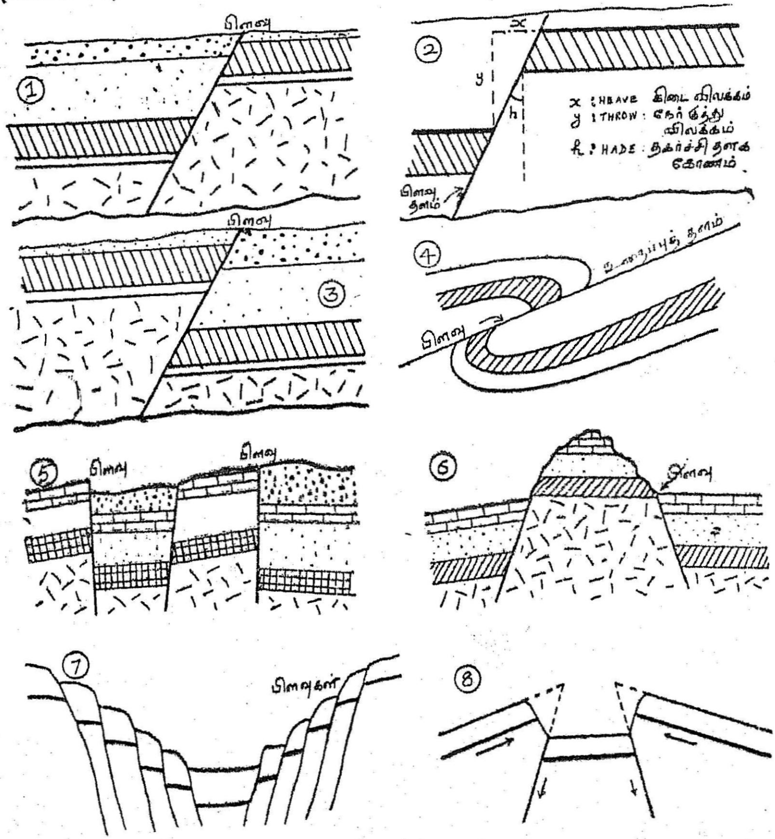
புவி ஓட்டின் சில பகுதிகள் மேல்நோக்கி கும்மட்டமாக உயரும்போது கும்மட்டத்தின் விளிம்பு விரிவடைவதால் அங்கு விரிசல்கள் தோன்றுகின்றன. புவியின் மேல் தளத்திலுள்ள பாறைகள் அரிக்கப்பட்டு கடத்தப்படும்போது பளு நீங்குவதால் அழுத்தம் விடுப்பட்டு அடியிலுள்ள பாறைகள் விரிவடைகின்றன. எனவே அடியிலுள்ள பாறைகளில் விரிசல்கள் தோன்றும். இவை பெரும்பாலும் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளன. லாவா குளிர்ந்து உறையும்போது சுருங்குவதால் செங்குத்தான விரிசல்கள் தோன்றும். தூண்கள் போன்ற அமைப்புடைய இவை நிரல் விரிசல்கள் (Columnar joints) எனப்படுகின்றன. சீரான அமைப்புத்தரம் கொண்ட பசாலட் பீடபூமியில் இவை தோன்றும். பம்பாய்க்கு அருகில் தக்கண பீடபூமியில் இத்தகைய நிரல் விரிசல்கள் சிறப்பாக வளர்ச்சிப் பெற்றுள்ளன. இதேபோல் பாறைகள் உலரும்போது வெடிப்புக்கள் ஏற்படும். உதாரணமாக மணற்பாறை, சேற்றுப்பாறை களிப்பாறை ஆகியவை கோடை வெய்யிலில் உலரும்போது வெடிப்புக்கள் தோன்றுகின்றன. மணற் பாறை நீர்புகும் பாறையாகையால் மழைக்காலத்தில் இவற்றில் நில நீர்மட்டம் உயர்ந்திருக்கும். கோடை வெய்யிலில் நில நீர் மட்டம் குறைவதால் இப்பாறைகள் உலர்ந்து சுருங்கி விரிசல்கள் தோன்றுகின்றன. மணற்பாறையில் தோன்றும் விரிசல்கள் அறு பக்க வடிவம் கொண்டவை. இவ்வாறே பாறைகளிலுள்ள கனியங்கள் படிகமாகும்போது இவை சுருங்குவதாலும் விரிசல்கள் தோன்றும்.

பிளவுகள் (Faults)

புவியோட்டிலுள்ள பாறைகள் இழுவிசையின் விளைவாக உடைவதால் பிளவுகள் தோன்றுகின்றன. பிளவுக் கோட்டைச் (fault line) சார்ந்து அதன் இருபுறமும் அமைந்த பாறைகள் இடம் பெயர்வதை பிளவு (fault) என்கிறோம். விரிசல்கள் தோன்றுவதற்கு காரணமாக இருந்தவையே பிளவுகள் தோன்று வதற்கும் காரணமாக உள்ளன ஆனால் பிளவுகள் பிரதேச அளவில் (regional) பெரிய பரப்பில் ஏற்படுவதால் நிலத் தோற்றங்களை உருவாக்குவதில் இவை பெரும்பங்கு வகிக் கின்றன.

ஒரு பாறையில் பிளவு ஏற்பட்டால் பிளவு ஏற்படும் தளம் பிளவுத்தளம் (fault plane) எனப்படும். பிளவு ஏற்படும்போது பாறையின் ஒரு பகுதி பிளவுதளத்தின் வழியே கீழ்நோக்கி நகரு கிறது. இது கீழ்வீச்சுப் (down throw) பாறை எனப்படும். பிளவு தளத்தை ஒட்டிய இதன் சுவர் தொங்குச் சுவர் (hanging

wall) எனப்படும். பிளவு ஏற்படும்போது, ஒரு பகுதி கீழ்நோக்கி நகரும்போது மற்றொரு பகுதி நிலையாக நிற்கிறது. இது மேல் வீச்சுப் பாறை எனப்படுகிறது. பிளவுதளத்தை ஒட்டிய மேல் வீச்சுப் பாறையின் சுவர் அடிச்சுவர் (foot wall) எனப்படும். பாறை அடுக்கு கீழ்நோக்கி நகர்வதால் ஏற்படும் உயர வேறுபாடு நேர்குத்து விலக்கம் (throw) எனப்படும். இது சில அங்குலங்களிலிருந்து பல்லாயிரம் அடிகள் வரை காணப்படுவதுண்டு. கிடையாக இடம் பெயர்ந்த தூரம் கிடை விலக்கம் (heave) எனப்படும். செங்குத்துக் கோட்டிலிருந்து பிளவுத்தளம் ஏற்படுத்தும் கோணம் தகர்ச்சித்தள கோணம் (hade) எனப்படும். (படம் 5.)



படம் 5. பிளவின் வகைகள்

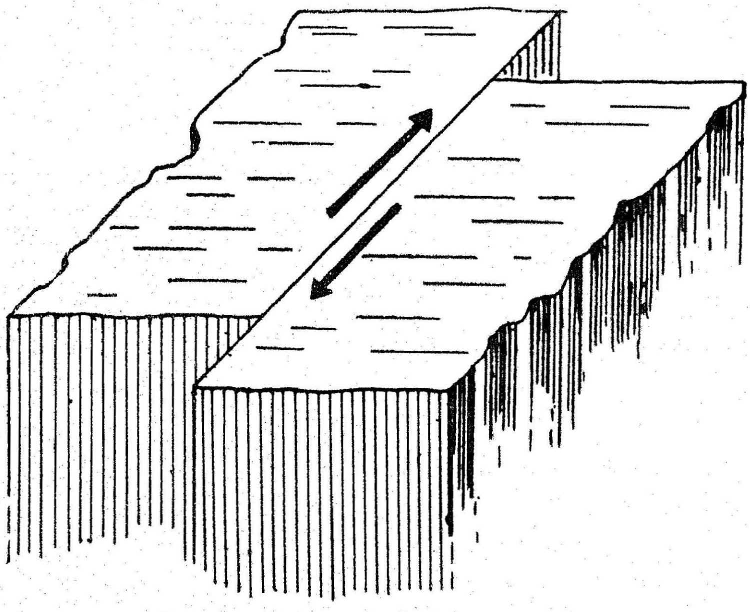
(1) இயல்பான பிளவு (2) இயல்பான பிளவின் பாகங்கள் (3) செறுகிய பிளவு (4) உதைப்பு பிளவு (5) இணைப்பிளவுகள் (6) பாறைப் பிதிர்பு (7) பிளவு பள்ளத்தாக்கு (8) அழுங்கிய பிளவு பள்ளத்தாக்கு.

பிளவினால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்

இழுவிசையினால் பாறை பிளவு படும்போது அதன் ஒரு பகுதி புவியீர்ப்பு விசையினால் ஈர்க்கப்பட்டு பிளவு தளத்தின் வழியே சரிகிறது. இது இயல்பான பிளவு (normal fault) எனப்படும், இயல்பான பிளவில் தொங்குசுவர் கீழ்வீச்சுத் திசையில் காணப் படுகிறது. அதாவது கீழ்வீச்சுப் பாறை பிளவு தளத்தின் வழியே கீழ் நோக்கி நகர்கிறது.

அமுக்க விசையினால் பாறை பிளவு படும்போது அதன் ஒரு பகுதி பிளவு தளத்தின் வழியே கீழ்நோக்கி நகருவதற்கு பதிலாக மேல் நோக்கி நகருகிறது. இது செறுகிய பிளவு (reversed fault) எனப்படும். செறுகிய பிளவில் தொங்குசுவர் மேல் வீச்சுத் திசையில் காணப்படுகிறது. அதாவது கீழ்வீச்சுப் பாறை பிளவு தளத்தின் வழியே மேல் நோக்கி நகருகிறது, அமுக்க விசையினால் தோன்றுவதால் இப்பிளவை அமுக்கதிசைப் பிளவு (thrust fault) என்றும் கூறுவர்.

தளவெட்டுப் பிளவு



படம் 6. தளவெட்டுப் பிளவு

சில சமயங்களில் பாறைகளில் பிளவு செங்குத்தாக ஏற்படுவதுண்டு. அப்போது பிளவுத் தளமும் செங்குத்தாகவே இருக்கும்.

இதில் பிளவு தளத்தின் வழியே பாறை செங்குத்தாக நகர்வதற்கு மாறாக தளவெட்டுத் திசையில் (strike) கிடையாக நகரக்கூடும். இத்தகைய பிளவு தளவெட்டுப் பிளவு (strike fault) அல்லது கிடைப் பிளவு (tear fault) அல்லது தளவெட்டு நகர்வு பிளவு எனப்படும், (படம் : 6) நில அதிர்ச்சியால் ஏற்படும் பிளவுகள் இதற்கு உதாரணமாகும், பாறைகளில் பொதுவாக ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பிளவுகள் ஏற்படுகின்றன. சில சமயங்களில் பிளவுகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைவதுண்டு. இவை குறுக்குப் பிளவுகள் (cross faults) எனப்படுகின்றன.

ராணிகஞ் நிலக்கரி சுரங்கத்தின் தெற்கு பகுதியில் பாறை களில் ஏற்பட்டிருக்கும் பிளவினால் பாறைகள் சுமார் 10,000அடி வரை இடம் பெயர்த்துள்ளன. இமயமலையில் பாறை அடுக்குகள் பிளவினால் சுமார் 5 மைல் தூரம் வரை கிடையாக இடம்பெயர்ந் துள்ளன. இதில் உதைப்புப் பிளவுகள் காணப்படுகின்றன.

பிளவின் செங்குத்துச் சரிவு (fault seary)

பிளவுபட்ட பாறைகளில் நிலையாக நிற்கும் மேல்வீச்சுப் பாறையின் அடிச்சுவர் செங்குத்தான சரிவைக் கொண்டுள்ளது. அதாவது மேல் வீச்சுப் பாறையின் திறந்த பிளவு தளம் செங்குத்து சரிவுடையதாக இருக்கும். இச்சரிவு நாளடைவில் வானிலைச் சிதைவினாலும் அரிப்பினாலும் பாதிக்கப்பட்டு மறைந்து விடுகிறது. பாறைகள் இடம் பெயரும் போது மாறுபட்ட கடினத் தன்மை கொண்ட அடுக்குகள் பிளவுக் கோட்டில் எதிரெதிரே சந்திக் கின்றன. இதில் அதே கடினத் தன்மை கொண்ட அடுக்கு எளிதில் அரிக்கப்படாததால் செங்குத்தான சரிவைக் கொண்டிருக்கும். பிளவுக் கோட்டில் தோன்றும் இச்சரிவு பிளவு கோட்டு செங்குத்து சரிவு (fault line scarp) எனப்படும்.

கன சதுர பிளவுகள் (Fault blocks or block faulting))

புவியோட்டில் சில பகுதிகளில் பிளவுகள் ஏற்பட்டு பாறை கள் தனித்தனி கன சதுரங்களாக உயர்ந்தும் தாழ்ந்தும் காணப் படுகின்றன. இவற்றிற்கு கன சதுர பிளவுகள் என்பது பெயர். சில சமயங்களில் இவை சாய்ந்தும் (tilted) காணப்படுவதுண்டு. இவை அமெரிக்காவின் மேற்கு பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன.

பாறைப் பிதிர்வு (horst)

பாறைகளில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பிளவுகள் தோன்றும் போது அவை இடம் பெயர்ந்து அவற்றில் ஒரு பகுதி உயர்ந்து காணப்படுகிறது. இவ்வாறு உயர்ந்து காணப்படும் பகுதியைப்

பாறைப் பிதிர்வு என்பர். இது பிளவுகளின் இரு பக்கங்களில் உள்ள பாறைகள் சரிவதாலோ அல்லது இடைப்பட்ட பாறை பக்கங்களில் அமுக்கப்பட்டு மேலெழுவதாலோ தோன்றுகிறது. இப்பாறைப் பிதிர்வைப் பிண்டமலை (block mountain) என்றும் அழைப்பர். மத்திய ஐரோப்பாவில் பல பகுதிகளில் பாறைப் பிதிர்வு காணப்படுகிறது. தமிழ் நாட்டிலுள்ள நீலகிரிமலை ஒரு பிண்டமலையாகக் கருதப்படுகிறது.

உடைப்புப் பள்ளத்தாக்கு (Graben)

இரு இயல்பான பிளவுகளுக்கிடையே உள்ள நிலம் இழு விசையினுல் சரியும்போது அங்கு ஒரு நீண்ட பள்ளத்தாக்கு தோன்றுகிறது. இது உடைப்புப் பள்ளத்தாக்கு எனப்படுகிறது. உடைப்புப் பள்ளத்தாக்கு பொதுவாக இணையான பிளவுகளில் தோன்றும். இது பாறைப்பிதிர்வுக்கு நேர்மாறுன அமைப்பு கொண்டதாகும்.

பிளவு பள்ளத்தாக்கு (Rift valley)

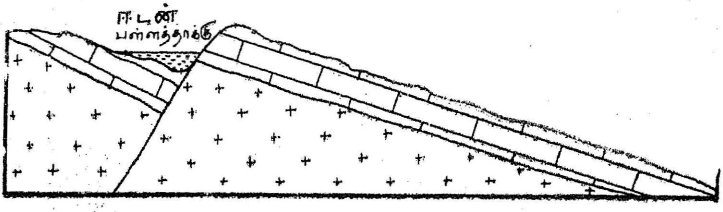
உடைப்பு பள்ளத்தாக்கில் இருப்பது போலவே இழு விசை யினுல் ஒன்றுக்கொன்று இணையானப் பிளவுகள் தோன்றும்போது அப்பிளவுகளுக்கு இடையிலுள்ள நிலப்பகுதி சரிந்துவிடுகிறது. பள்ளத்தாக்கின் இரு புறத்திலும் ஒன்றுக்கொன்று இணையான பல பிளவுகள் காணப்பட்டால் அங்கு படிக்கட்டுகள் போன்ற (Step faulting) அமைப்பில் நிலப்பகுதி சரிந்து காணப்படும். இவ்வாறு சரிந்து தோன்றிய பள்ளம் பிளவு பள்ளத்தாக்கு எனப் படுகிறது. சில சமயங்களில் நிலப்பகுதி வெகுவாகச் சரிந்துவிடுவ தால் பிளவு பள்ளத்தாக்கின் பக்கங்கள் குத்துச் சரிவைக் கொண்டதாக இருக்கும்.

பிளவு பள்ளத்தாக்குகளின் தோற்றத்தைப் பற்றி பல்வேறு கருத்துகள் நிலவுகின்றன. (1) இழுவிசையினுல் பக்கங்களிலுள்ள பாறைகள் விலக்கப்படும்போது இடைப்பகுதி சரிவதால் பிளவு பள்ளத்தாக்கு தோன்றுகிறது என்று ஒருசாராரும், (2) பக்கங் களிலுள்ள பாறைகளின் அமுக்கத்தினுல் அவை தாமே மேலெழும் போது இடைப்பகுதி பள்ளமாகி விடுகிறது என்று மற்றொரு சாராரும் (3) கண்ட ஆக்க அசைவின்போது பிளவுப்பட்ட பாறைகளில் சில வேகமாக உயர்த்தப்பட்டும், சில மெதுவாக உயர்த்தப்பட்டும் இருப்பதால் வேகமாக உயர்த்தப்பட்ட பாறை களுக்கு இடையிலுள்ள பகுதி பிளவு பள்ளத்தாக்காக காட்சி யளிக்கிறது என்று வேறு சிலரும், (4) புவியோட்டின் சில கடினப் பகுதி மெதுவாக மேல்நோக்கி வளைந்ததால் புவி மேல்தளத்தில்

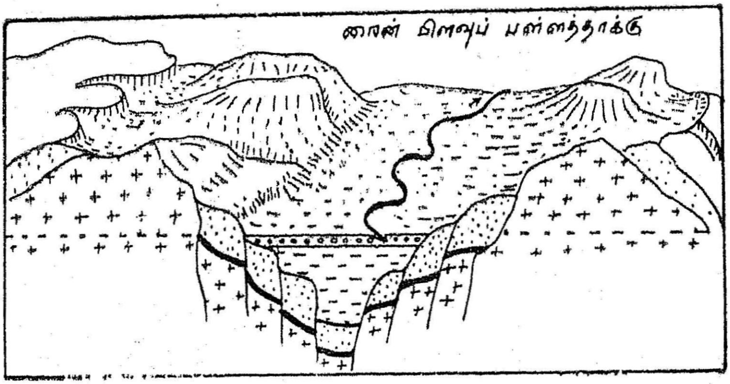
ஏற்பட்ட வெடிப்பே பிளவு பள்ளத்தாக்காகும் என்று மற்றும் சிலரும் கருதுகின்றனர்.

பிளவு பள்ளத்தாக்குகள் உலகின் பல பாகங்களில் காணப்படுகின்றன. அவைகளில் முக்கியமானவை பின்வருமாறு :

(1) ரைன் பிளவு பள்ளத்தாக்கு வோஸ்ஜஸ் (vosges) பீடபூமிக்கும், கருப்புக்காடு (black forest) பீடபூமிக்கும் இடையில் அமைந்துள்ளது. இது 320 கி.மீ. நீளம் கொண்டது. இதன் அடித்தளத்தின் அகலம் 32 கி.மீட்டர்களாகும். ரைன் நதிபாயும் இப்பள்ளத்தாக்கின் இரு மருங்கிலும் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பிளவுகள் காணப்படுவதால் பாறை அடுக்கு படிப்படியாக சரிந்துள்ளது (படம். 7).



①



②

படம் 7. (1) ஈடன் ஒரு பிளவு பள்ளத்தாக்கு
(2) ரைன் பிளவுபள்ளத்தாக்கு

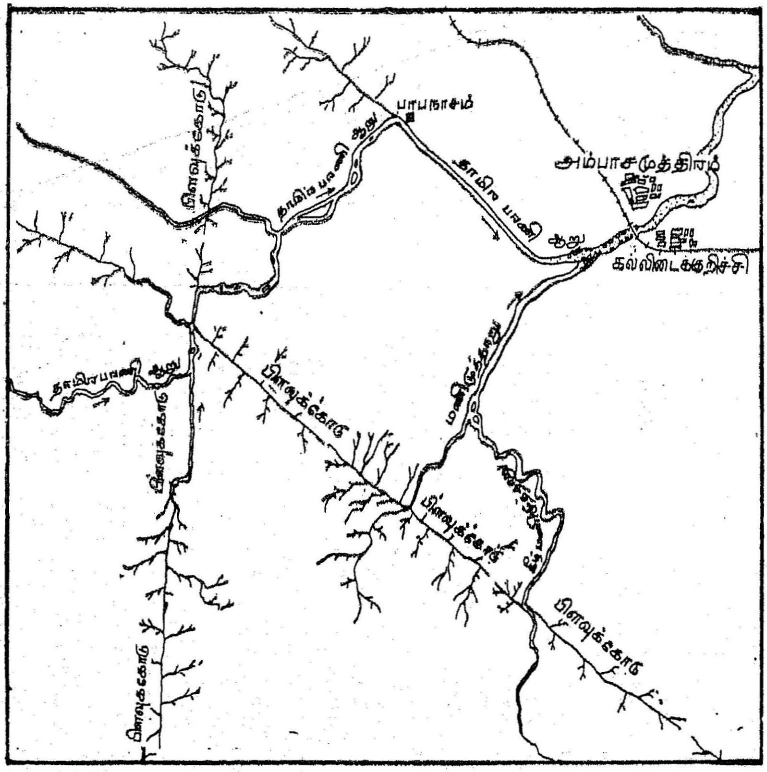
(2) மத்தியகிழக்கு ஆசியாவில் துருக்கியிலுள்ள டாரஸ் (Taurus) மலைகளுக்கும் தெற்கு ஆப்பிரிக்காவுக்கும் இடையே ஒரு பிளவுப் பள்ளத்தாக்கு தொடர்ச்சி காணப்படுகிறது. சிரியா (Syria) பள்ளத்தாக்கு, சூயஸ் வளைகுடா, அகாபா (Akaba)

வளைகுடா, செங்கடல், ஏடன் வளைகுடா ஆகியவை இப்பிளவுப் பள்ளத்தாக்கு தொடர்ச்சியில் அமைந்தவையாகும்.

(3) கிழக்கு ஆப்பிரிக்காவில் பிளவு பள்ளத்தாக்குகள் சுமார் 3,200 கி.மீ. நீளத்திற்கு வடக்கிலிருந்து தெற்காகச் செல்கின்றன. இப்பிளவு பள்ளத்தாக்குகளில்தான் ஆப்பிரிக்காவின் புகழ்பெற்ற ஏரிகளான நியாசா (Nysa), தங்கனிகா (Tanganyika), ஆல்பர்ட் ஆகியவை அமைந்துள்ளன.

ஒரு பிளவு பள்ளத்தாக்கு (Fault valley)

சில சமயங்களில் சாய்ந்திருக்கும் பாறைகளில் ஒரே ஒரு பிளவு ஏற்பட்டு பாறை அடுக்குகள் சரிவதுண்டு. சாய்ந்திருக்கும் பாறை அடுக்குகளில் இத்தகைய பிளவு ஏற்படும்போது கீழ்வீச்சுப்



படம் 8 : திருநெல்வேலி மாவட்டத்தில் அம்பா சமுத்திரத்தின் தென்மேற்கிலுள்ள பிளவுகள் பிளவுக்கோடுகளின் வழியே தாமிரபரணியும், மணிமுத்தாறும் பாய்கின்றன.

பாறைக்கும் மேல்வீச்சுப் பாறைக்கும் இடையில் பிளவுக் கோட்டில் ஒரு நீண்ட பள்ளம் தோன்றுகிறது. இது ஒரு பிளவு பள்ளத்தாக்கு (Fault valley) எனப்படுகிறது. ஒரே ஒரு பிளவினால் தோன்றுவதால் பிளவுப் பள்ளத்தாக்கினின்று இதுவேறுபடுகிறது. இங்கிலாந்திலுள்ள ஈடன் பள்ளத்தாக்கு (Eden valley) இதற்கு உதாரணமாகும். தமிழ்நாட்டில் திருநெல்வேலி மாவட்டத்தில் அம்பாசமுத்திரத்திற்கு தென்மேற்கே பிளவுகள் ஏற்பட்டுள்ளன. இங்கு வடக்குத் தெற்காக அமைந்துள்ள பிளவுக் கோட்டின் வழியே தாமிரபரணி ஆறும், வடமேற்கு தென்கிழக்காகச் செல்லும் பிளவு கோட்டின் வழியே மணிமுத்தாறும் பாய்கின்றன. (படம்: 8)

பிளவு பள்ளத்தாக்குகள் பலவற்றில் எரிமலைச் செய்கை நடைபெற்றுள்ளது. பிளவு தளத்தின் வழியே கற்குழம்பு வெளியேறுவதே இதற்குக் காரணமாகும்.

5. வானிலைச் சிதைவு

புவித்தளத்திலுள்ள பாறைகள் பௌதிக, இரசாயன செய்கையால் உடைபட்டு சிதைவுறுவதை வானிலைச் சிதைவு (weathering) என்கிறோம். இவ்வாறு சிதைவடைந்து உதிரியாக மாறிய பாறைப் பொருட்கள் ஆற்று நீர், பனியாறு, காற்று ஆகியவற்றின் அசைவுச் செய்முறைகளால் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு கடத்தப்படுகின்றன. எனவே பாறைகளை அரித்து கடத்துவதற்கு வானிலைச் சிதைவு வழிவகுக்கிறது.

வானிலைச் சிதைவைப் பொதுவாக மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை (1) பௌதிக சிதைவு (2) இரசாயன சிதைவு (3) உயிரின சிதைவு என்பனவாகும். இவற்றில் எந்த ஒருவகையும் புவித்தளத்தில் தனித்து இயங்குவதில்லை.

பௌதிக சிதைவு

பௌதிக செய்முறைகளால் பாறைகள் இரசாயன மாற்றம் ஏதும் அடையாமல் உடைபடுவதை பௌதிக சிதைவு என்கிறோம். பௌதிக சிதைவுக்குப்பின் பாறைகளின் உருவம் மாறுகிறதே தவிர தொகுப்பமைப்பு மாறுவதில்லை.

பாறைகளில் பௌதிக சிதைவு பொதுவாக கீழ்கண்ட காரணங்களினால் ஏற்படுகிறது. அவை :

(1) பளு நீங்குவதால் பாறை விரிவடைதல்

(2) பாறை வெடிப்புகளில் படிகமாதல்

(3) வெப்பத்தால் விரிவடைந்து சுருங்குதல்

(1) பளு நீங்குவதால் பாறை விரிவடைதல் : மேல் தளத்து பாறைகளின் பளுவால் அடித்தளத்து பாறைகள் அமுக்கப்படுகின்றன. அரிப்பினால் பாறைகள் கடத்தப்படும்போது பளு நீங்குவதால் அமுக்கம் குறைந்து அடித்தளத்துப் பாறைகள் விரிவடைகின்றன. இதன் விளைவாகப் பாறைகளில் கிடையான விரிசல்கள் தோன்றி அவை உடைபடுகின்றன. இவை வழிநீர்

விரிசல்கள் (sheeting joints) எனப்படும். மணற்பாறை, கிரானைட் போன்ற பாறைகளில் இத்தகைய விரிசல்கள் தோன்றுகின்றன. வழிநீர் விரிசல்கள் புவித்தளத்திற்கு இணையாகக் காணப்படும். இவை மேல்தளத்திலிருந்து ஒவ்வொரு பொறையாக நீங்கிச் செல்வதால் கீழ் அடுக்குகள் விரிவடைந்து உடைகின்றன. இதனை பொறை நீக்கம் (exfoliation) என்பர். உதாரணமாக கடலடித் தளத்திலுள்ள இப்பாறைகள் நில அசைவுகளால் கடல் மட்டத்திற்கு மேலே உயரும்போது கடல் நீரின் பளு நீங்கி, விரிவடைந்து உடைகின்றன.

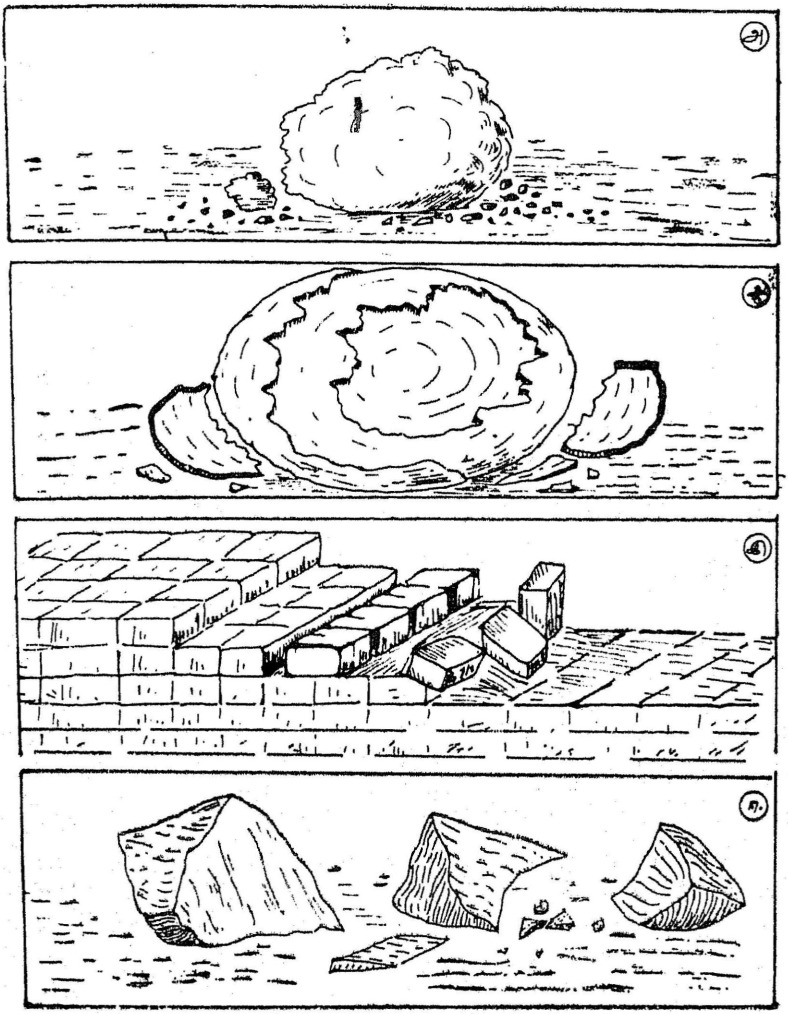
(2) **பாறை வெடிப்புக்களில் படிகமாதல் :** பாறை வெடிப்புக்களில் தேங்கியிருக்கும் நீர் உறைந்து பனிக்கட்டியாகும்போது அதன் கன அளவு அதிகரிப்பதால் பாறையின் உட்பகுதியில் பக்க வாட்டத்தகைவு ஏற்பட்டு பாறை உடைகிறது. நீர் உறைந்து பனிக்கட்டியாகும்போது அதிலுள்ள மூலகங்கள் (molecules) மறு அமைப்புப் பெற்று உறுதியான அறுகோண வடிவப் படிகங்களாக மாறுகின்றன. இவ்வாறு படிகங்களாக மாறும்போது கன அளவு சுமார் 10 சதவீதம் அதிகரிக்கிறது. அப்போது பாறையில் ஏற்படும் உந்து விசை ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு 2000 பவுண்டுகளாகும். எனவே பாறைகள் தகர்க்கப்படுகின்றன. நீர் உறைவதால் பாறைகள் உடைபடுவது உறைபனி உடைப்பு (frost wedging) அல்லது உறைபனி செய்கை எனப்படும். எல்லாப் பாறைகளிலும் பொதுவாக நீர் இருப்பதால் இவ்வுறைபனி செய்கைப் பாறைகளில் அதிக சிதைவை ஏற்படுத்துகிறது. தீப் பாறைகளைவிட படிவுப் பாறைகளில்தான் இச்செய்கை அதிகமாகக் காணப்படும். ஏனெனில் படிவுப் பாறைகளின் அடுக்கமைப்பில் நீர் தங்கி உறைவதற்கு வாய்ப்பு இருக்கிறது. மலைகளிலும் மத்திய, உயர் அட்சாம்சங்களிலும் இச்செய்கை அதிகமாகக் காணப்படுகிறது.

பாறைகளிலுள்ள நீர் உறைந்து பனிக்கட்டிப் படிகமாவது போலவே நீரில் கரைந்துள்ள சில உப்புக்களும் உலர்ந்து படிகமாகின்றன. பாறைகளிலுள்ள விரிசல்களில் தேங்கியிருக்கும் நீரில் பலவித உப்புக்கள் கரைந்துள்ளன. நீர் ஆவியாகும்போது இவ்வுப்புக்கள் படிகமாகி விரிசல்களில் படிகின்றன. இவ்வுப்புப் படிகங்கள் வளர்ச்சி பெறும்போது கன அளவு அதிகரிப்பதால் அவை பாறைகளின் பக்கங்களை அமுக்கி உடைக்கின்றன. சில சமயங்களில் மழை நீரில், வளிமண்டலத்திலுள்ள சில வாயுக்கள் கரைவதால் அது நீர்த்த கந்தக அமிலமாக மாறி நிலைத்தை அடைகிறது. இந்த அமிலம் சுண்ணாம்புப் பாறைகளிலும்,

சலவைக் கற்களிலுள்ள விரிசல்களில் ஊடுருவிச் செல்லும்போது இரசாயன மாற்றம் ஏற்பட்டு ஜிப்சம் உப்பு உண்டாகிறது. இந்த உப்பு படிகமாகும்போது விரிவடைவதால் பாறைகள் விரிவடைகின்றன.

(3) **வெப்பத்தால் பாறை சிதைவடைதல்;** சூரிய வெப்பத்தால் பாறைகள் விரிவடைகின்றன. பாறையில் உள்ள தாதுப் பொருட்கள் ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு வெப்பத்திறனைப் பெற்று அதற்கேற்ப விரிவடைகின்றன. உதாரணமாக கிரானைட் பாறை 150°F வெப்பத்தில் 100 அடிக்கு ஒரு அங்குலம் வீதம் விரிவடைகிறது. பாறையிலுள்ள படிகங்கள் இவ்வாறு விரிவடையும் போது இணைப்புகளில் அவை உடைகின்றன. மேலும் பாறையின் மேல் அடுக்கு கீழ் அடுக்கைவிட அதிகமாக வெப்பமடைந்து விரிவடைகிறது. அப்போது அது கீழ்நோக்கி விரிவடைய இயலாததால், மேல்நோக்கியே வளைகிறது. எனவே கீழ் அடுக்கிலிருந்து பிடிப்பு குறைந்து அது பிரிந்துவிடுகிறது. இவ்விதம் அடுக்குகள் பிரிவது பொறை நீக்கம் எனப்படும். பாலைவனங்களில் அடுக்குகள் பிரியும்போது துப்பாக்கி வெடிப்பதுபோன்ற ஓசையை உண்டாக்குவதுண்டு. இரவு நேரங்களில் பாறைகளிலிருந்து வெப்பம் வெளியேறுவதால் அவை சுருங்குகின்றன. இச்சுருக்கம் வெளி, உட்பாகங்களில் வேறுபடுகிறது. இவ்வாறு பாறைகள் விரிவடைந்து சுருங்குவதால் மேற்பரப்பிலுள்ள தாதுப் பொருட்கள் பிடிப்புத் தன்மையை இழந்து உதிருகின்றன. இவ்வாறு பாறைகள் சிறிது சிறிதாக உதிர்ந்து இறுதியில் ஒரு உருண்டையாக மாறுகிறது. இது வட்டுருண்டைச் சிதைவு (spheroidal weathering) எனப்படும். (படம்: 9) பொறை நீக்கமும் வட்டுருண்டைச் சிதைவு பகலில் அதிக வெப்பமும், இரவில் அதிக குளிர்ச்சியும் உடைய வெப்பப் பாலைவனங்களில் தான் அதிகமாகக் காணப்படும்.

பாறைகள் வெப்பத்தால் விரிவடைந்து பின் சுருங்குவதால் உடைபடுகின்றன என்பது நிரூபணமாகவில்லை. பிளாக் வெல்டர் (Black welder) கிரிக்ஸ் (griggs) போன்றவர்கள் சோதனை சாலைகளில் கிரானைட் பாறைகளை வெப்பப்படுத்தி குளிரச் செய்து பார்த்ததில் அவை எந்த மாற்றத்தையும் அடையவில்லை. சாப்மென் (Chapman) என்பவரும், கிரீன்பீட்ல்ட் (Greenfield) என்பவரும் பொறை நீக்கத்தால் உதிர்ந்த பொருள்களில் கயோலினைட், சர்பன்டைன், ஃபுளோரைடு, போன்ற தாதுக்கள் காணப்பட்டதால் பொறை நீக்கம் இரசாயன மாற்றத்தால் ஏற்படுவதாகக் கருதினார்கள்.



பாறைகள் சிதைவடைதல்

படம் 9. (அ) வட்டுருண்டைச் சிதைவு (ஆ) பொறைநீக்கம் (இ) பாளமாக உடைதல் (ஈ) பாறை நொருங்குதல்.

இரசாயனச் சிதைவு

இரசாயனச் செய்கையால் பாறைகள் சிதைவுறுவதை இரசாயனச்சிதைவு என்கிறோம். வெப்பமும், ஈரமும் பாறைகளிலுள்ள தாதுப் பொருள்களை எளிதில் கரைத்து இரசாயன சேர்க்கையை ஊக்குவிக்கின்றன. அதனால்தான் அதிக வெப்பமும், ஈரமும்

நிறைந்த நிலநடுக் கோட்டுப் பிரதேசத்தில் இச்செய்கை மிகுதியாகக் காணப்படுகிறது.

இரசாயன சிதைவுக்கு நீரின் அவசியத்தை அறிவதற்கு முன்பாக நீரின் சில பண்புகளைத் தெரிந்துகொள்ளுதல் நலம். அவை யாவன : (1) புவித்தளத்தில் காணப்படும் பொருள்களிலேயே நீர்தான் மிக அதிக அளவில் காணப்படுகிறது. (2) புவித்தளத்தில் காணப்படும் கூட்டுப் பொருள்களிலேயே நீர்தான் இயற்கையான அமைப்பில் அதாவது வாயு நிலையிலும், திரவ நிலையிலும், திட நிலையிலும் கிடைக்கிறது. (3) நீரின் கரையும் தன்மை, பரவும் தன்மை ஆகியவை மற்ற திரவங்களைக் காட்டிலும் அதிகமாகும். (4) இது ஆவியாகும்போது மிக அதிகமான வெப்பம் தோன்றுகிறது. (5) இது உறையும்போது அதன் கன அளவில் ஏற்படும் 10 சதவீத அதிகரிப்பு வேறு எந்த பொருளிலும் காணமுடியாது. (6) புவித்தளத்தில் சுமார் 5 கிலோ மீட்டர் ஆழம் வரை நீர் காணப்படுவதால் அங்குள்ள தாதுப் பொருள்கள் இரசாயன மாற்றம் அடைந்து புதிய பொருள்களாக மாறுகின்றன.

இரசாயன சிதைவு கீழ்க்கண்ட முறையில் ஏற்படுகிறது.

(1) ஆக்ஸிகரணம் (Oxidation)

(2) கார்பனுக்கம் (Carbonation)

(3) நீர் கொள்ளல் (Hydration)

(4) நீரின் சேர்க்கை (Hydrobysis)

(5) கரைதல் (Solution)

(6) தணிமங்களின் இடமாற்றம் (Base Exchange)

(1) ஆக்ஸிகரணம் : மழை நீரிலும், நில நீரிலும் வளிமண்டலத்திலுள்ள ஆக்ஸிஜன் கரைந்துள்ளது. ஆக்ஸிஜனும் நீரும் வேறு தாதுப் பொருள்களுடன் சேர்க்கை செய்யாவிடினும், இரும்புக்கூட்டுப் பொருள்களுடன் (Iron compounds) உடனடியாக சேர்க்கை செய்கின்றன. இதுவே ஆக்ஸிகரணமாகும். எனவே இரும்புத்தாது அடங்கியுள்ள ஆலிவின் (Olivine) ஆம்பிபோல் (amphibole) பைராக்ஸின் (Pyroxene) போன்ற பாறைகள் ஆக்ஸிஜன் மற்றும் நீரின் சேர்க்கையால் இரசாயன மாற்றமடைந்து ஆக்ஸைடுகளாக மாறுகின்றன.

ஆலிவின் + ஹைட்ராஸில் → மகனீசியம் ஹைட்ராக்ஸைடு
+ சிலிசிக் அமிலம்
+ இரும்பு ஆக்ஸைடு

$$Mg\,Fe\,SiO_4 + 2HOH \rightarrow Mg(OH)_2 + H_2SiO_3 + FeO$$

பாறைகளிலுள்ள இரும்புத்தாதுக்கள் ஆக்ஸிஜனுடன் சேரும் போது அவற்றின் அமைப்பு சிதைந்துபோவதால் எஞ்சிய தாதுக்கள் எளிதில் இரசாயன மாற்றம் அடைந்து புதிய பொருள்கள் தோன்றுகின்றன. பளபளவென்றிருக்கும் ஒரு இரும்புத் தகட்டை காற்றில்லாத வெற்றிடத்தில் வைத்திருந்தால் அது எவ்வித மாற்றமும் அடைவதில்லை. ஆனால் அதையே திறந்த வெளியில் வைத்திருந்தால் அது விரைவில் துருப்பிடித்து அழிகிறது. இதற்கு காரணம் ஆக்ஸிகரணமாகும். வளிமண்டலத்து ஆக்ஸிஜனும் நீரும் சேர்ந்து அந்த இரும்புத் தகட்டை வெளிறின மஞ்சள் அல்லது பழுப்பு நிறமுள்ள லிமனைட் (limonite) என்ற புதிய பொருளாக மாற்றிவிடுகின்றன.

இரும்பு + நீர் + ஆக்ஸிஜன் → ஹைட்ரஸ் இரும்பு ஆக்ஸைடு
(லிமனைட்)

$$4Fe + 3H_2O + O_2 \rightarrow 2Fe\,O_3,\ 3H_2O$$

இவ்வாறு இரும்பு காம்பௌண்டுகள் கொண்ட பாறைகள் ஆக்ஸிகரணம் அடைந்து சிதைந்து மண்ணாக மாறுவதால்தான் செம்மண் தோன்றுகிறது. புவியினுள் ஆக்ஸிஜன் கலந்த நீர் வெகு ஆழத்திற்கு செல்லுவதில்லையாகையால் ஆழத்திலிருக்கும் இரும்பு காம்பௌண்டுகள் சாம்பல் அல்லது நீல நிறம் கொண்டவையாக இருக்கின்றன.

(2) கார்பனாக்கம் : மித வெப்ப மண்டலத்திலும் ஈரக்காற்று நிறைந்த பகுதிகளிலும் கார்பனாக்கம் தீவிரமாகக் காணப்படுகிறது. வளிமண்டலத்திலுள்ள கார்பன்டை ஆக்ஸைடு மழை நீரில் கரைந்து நீர்த்த கார்பானிக் ($H_2\,CO_3$) அமிலமாகிறது, இவ்வமிலம் பாறைகளிலுள்ள இரும்பு கால்சியம், மாக்னீசியம், சோடியம், பொட்டாசியம் போன்ற தாதுப் பொருள்களுடன் இரசாயன சேர்க்கை செய்கிறது. இதுவே கார்ப்பனாக்கமாகும். கார்பனாக்கத்தில் தாதுப் பொருள்கள் இரசாயன மற்றமடைந்து புதிய பொருள்களாக மாறுகின்றன. உதாரணமாக பாறைகளில் முக்கியமாகக் காணப்படும் ஆர்த்தோகிளேஸ் ஃபெல்ஸ்பார் தாதுவுடன் மழைநீர் சேர்ந்து ஏற்படுத்தும் சிதைவை இங்கு நோக்குவோம்.

ஆர்த்தோகிளேஸ் ஃபெல்ஸ்பார் + கார்பானிக் அமிலம் (மழைநீர் + கார்பன்டை ஆக்ஸைடு) → கயோலின் (களிமண்) + சிலிகா (மணல்) + பொட்டாசியம் கார்பனேட் படிவுகள்

$$2\,KAl\,Si_3\,O_8 + 2H_2O + CO_2 \rightarrow Al_2\,Si_2\,O_5\,(OH)_4 + 4\,SiO_2 + K_2\,CO_3$$

எனவே ஆர்த்தோகிளேஸ் ஃபெல்ஸ்பார் கார்பனுக்கத்தால் சிதைவடைந்து களிமண், மணல் மற்றும் கார்பனேட்டுகளாக மாறுகிறது. மக்கிய தாவரப் பொருள்களிலிருந்து கார்பன்டை ஆக்ஸைடு மிகுதியாக வெளிப்படுவதால் மண்ணில் கார்பன்டை ஆக்ஸைடு அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. இது நில நீரில் கரைந்து கார்பானிக் அமிலமாக மாறுகிறது. நிலநீர் எங்கும் பரவியுள்ளதால் மழை நீரைக் காட்டிலும் நிலநீரே கார்பனுக்கத்திற்கு முக்கிய காரணமாக விளங்குகிறது. கார்பனுக்கத்தால் தோன்றும் கார்பனேட்டுகள் சிறந்த தாவர உணவாகப் பயன்படுகின்றன.

(3) **நீரின் சேர்க்கை :** ஆக்ஸிகரணத்திலும் கார்பனுக்கத்திலும் நீர் ஒரு இரசாயனப் பொருளாக செயல்படுவதைப் பார்த்தோம். இவற்றில் தாதுப்பொருள்களை நீர் கரைத்துக்கொண்டு செல்வதோடு அதுவே ஒரு இரசாயனக் கிரியை செய்யும் பொருளாகவும் விளங்குகிறது. இது நீரின் சேர்க்கை (hydrolysis) எனப்படும். இதற்கு சிறந்த உதாரணமாக ஆக்ஸிகரணத்தில் குறிப்பிட்டிருந்த ஆலிவின் தாதுவையே எடுத்துக்கொள்வோம். ஆலிவின் தாதுவில் நீரின் சேர்க்கையால் ஹைட்ராக்ஸில் (hydroxyl) தோன்றுகிறது. இதன் விளைவாக முற்றிலும் புதிதாக அமைந்த மகனீசியம் ஹைட்ராக்ஸைடு, சிலிஸிக் அமிலம், இரும்பு ஆக்ஸைடு போன்றவை தோன்றுகின்றன.

ஆலிவின் + ஹைட்ராஸில் (நீரின் சேர்க்கை) → மகனீசியம் ஹைட்ராக்ஸைடு + சிலிசிக் அமிலம் + இரும்பு ஆக்ஸைடு

$$Mg\,Fe\,SiO_4 + 2HOH \rightarrow Mg(OH)_2 + H_2SiO_3 + FeO$$

நீரின் சேர்க்கையால் தோன்றும் பொருள்களின் அணு அமைப்பில் (atomic structure) நீர் ஒரு பகுதியாகிவிடுகிறது. அவற்றிலிருந்து நீரைப் பிரித்தெடுத்தல் இயலாது. எனவே நீரின் சேர்க்கையால் இரசாயன மாற்றம் ஏற்பட்டால் தாதுக்கள் பழைய நிலைக்கு மீண்டும் வரா.

(4) **நீர் கொள்ளல் :** தாதுக்கள் நீரை ஈர்த்துக்கொள்வது நீர் கொள்ளல் எனப்படும். நீரை ஈர்த்துக்கொள்ளும் தாதுக்கள் கன அளவில் பெருகி புதிய பொருள்களாக மாறுகின்றன. உதாரணமாக அனிட்ரைட் (Anhydrite) தாதுவில் நீர் சேரும்போது ஜிப்சம் (gypsum) தோன்றுகிறது.

அனிட்ரைட் + நீர் → ஜிப்சம்

$$Ca\,SO_4 + 2H_2O \rightarrow Ca\,SO_4 \cdot 2H_2O$$

ஆனால் ஜிப்சத்தை வெப்பப்படுத்தினால் அதிலுள்ள நீர் வெளி யேற்றப்பட்டு மீண்டும் அது அனிட்ரைட்டாக மாறுகிறது. எனவே நீர் கொள்ளலில் அடிப்படையான இரசாயன மாற்றம் ஏதும் நிகழ்வதில்லை. இருப்பினும் பாறைகளில் நீர் சேரும்போது மூன்று முக்கிய மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. அவை பின் வருமாறு :

(1) படிக அமைப்பு கொண்ட பாறைகள் படிகத் தன்மையை இழந்து விடுகின்றன.

(2) கடினமான பாறைகள் மென்மையாகின்றன.

(3) சிதைந்த பாறைகள் கன அளவில் பெருகி பெரிய பரப்பில் அமைகின்றன.

களிமண் பாறைகள் பெரும்பாலும் நீர்கொள்ளல் செய்கை யினால் தோன்றியவையே. கிரானைட் பாறையிலுள்ள ஃபெல்ஸ் பார் சிதைவடைந்து களிமண்ணாக மாறுவதை இதற்கு உதாரண மாகக் குறிப்பிடலாம். ஃபெல்ஸ்பார் துகள்கள் நீர் கொள்ள லினால் விரிவடையும்போது கிரானைட் உடைபட்டு சிதைவுறு கிறது.

(5) **கரைதல் :** பாறைகளிலுள்ள தாதுப் பொருள்களில் பல சாதாரண நீரில் கரையக் கூடியவையாகும். சாதாரண உப்பு இதற்கு சிறந்த உதாரணமாகும். கார்பன்டை ஆக்ஸைடு கரைந்துள்ள நீரில் (கார்பானிக் அமிலம்), கால்சைட் (calcite) போன்ற தாதுக்கள் எளிதில் கரைகின்றன. எனவே சுண்ணாம்புப் பாறையும் சலவைக் கல்லும் கால்சைட் தாதுவைக் கொண்டிருப் பதால் அவை கார்பானிக் அமிலத்தில் சுலபமாகக் கரைகின்றன. மழை நீரானது வளிமண்டலம் அல்லது மண்ணிலுள்ள கார் பன்டை ஆக்ஸைடைக் கரைத்துக்கொண்டு கார்பானிக் அமில மாகி சுண்ணாம்புப் பாறைகளில் ஊடுருவும்போது அவை கரைந்து கீழ்க்கண்டவாறு சிதைவடைகின்றன.

கால்சைட் (சுண்ணாம்புப் பாறை) + நீர் +
கார்பன்டை ஆக்ஸைடு → பைகார்ப்பனேட்டு

$$Ca\,Co_3 + H_2O + Co_2 \rightarrow Ca\,(HCO_3)_2$$

(6) **தனிமங்களின் இடமாற்றம் :** சில சமயங்களில் பாறைகளி லுள்ள தனிமங்கள் ஒன்றுக்கொன்று மாறிக் கொள்வதாலும் இரசாயனச் சிதைவு ஏற்படுகிறது. உதாரணமாக கடின நில நீரில் கால்சியம் பைகார்பனேட் மிகுதியாக இருக்கிறது. கடின நீரிலுள்ள கால்சியம் மின் மயத் துகள்களும் (ions), பாறையி

லுள்ள சோடியம் மின்மயத் துகள்களும் ஒன்றுக்கொன்று மாறி இடம் பெயர்வதால் கடின நீர் மென்நீராக மாறுகிறது. இவ்வாறு நீருக்கும் பாறைக்கும் இடையே தோன்றும் இடமாற்றத்தால் பாறைகளிலுள்ள தாதுக்களின் அமைப்பு மாறுபட்டு சிதைகின்றன.

உயிரினச் சிதைவு

விலங்கு, பறவை, தாவரம் ஆகியவற்றின் செய்கையால் தோன்றும் சிதைவு உயிரினச் சிதைவு (Biological weathering) எனப்படும். மற்ற சிதைவுகளோடு ஒப்பிடும்போது உயிரினச்சிதைவுகளினுல் ஏற்படும் சேதம் மிகக் குறைவேயாகும்.

பாறை இடுக்கில் படிந்துள்ள மண்ணில் வளரும் செடிகளின் வேர்கள் கீழ்நோக்கி ஊடுருவிச் செல்வதால் பாறைகள் பிளவுபடுகின்றன. பெரிய மரங்களின் வேர்கள் பல மீட்டர் தூரத்திற்கு சென்று நிலத்தைப் பிளக்கின்றன. வேர்களின் வழியாக காற்றும் நீரும் வெகு ஆழத்திற்கு கொண்டுச் செல்லப்படுவதால் கீழ் அடுக்கிலுள்ள பாறைகளில் இரசாயனச் சிதைவு ஏற்படுவதற்கு வாய்ப்பு ஏற்படுகிறது. இதைத் தவிர தாவர வேர்கள் உற்பத்தி செய்யும் செல்ரசம் (humid acid) நீர்த்த அமிலமாதலால் அது பாறைகளில் இரசாயன சிதைவை ஏற்படுத்துகிறது.

தாவரங்களைப் போலவே பறவைகளும், பிராணிகளும், விலங்குகளும் வானிலைச் சிதைவுக்கு காரணமாயுள்ளன. பறவைகள் நிலத்தைக் கிளறி குழிகளை ஏற்படுத்துகின்றன. எலி, நண்டு போன்றவை நிலத்தில் வளைகளை அமைப்பதால் சில சமயம் ஆற்று ஓங்கல், ஆற்றங்கரை ஆகியவைகூட சரிந்து விடுகின்றன. எறும்பு, மண்புழு, கரையான் போன்றவை நிலத்தைச் சிறிது சிறிதாக அரிக்கின்றன. சில க்டல் வாழ் பிராணிகளிலிருந்து சுரக்கும் திரவங்கள் சுண்ணும்புப் பாறைகளைச் சிதைவடையச் செய்கின்றன.

வானிலைச் சிதைவை பாதிக்கும் காரணிகள்

புவி தளத்தில் சில இடங்களில் பௌதிக சிதைவு மிகுதியாகவும் சில இடங்களில் இரசாயன சிதைவு மிகுதியாகவும் காணப்படுகிறது. வானிலைச் சிதைவின் வகையும் அதன் தீவிரமும் பல்வேறு காரணிகளைப் பொருத்துள்ளது. அவைகளில் முக்கியமானவை பின்வருமாறு :

(1) மூலப் பாறை

(2) கால நிலை

(3) தாவரம்

(4) நிலத் தோற்றம்

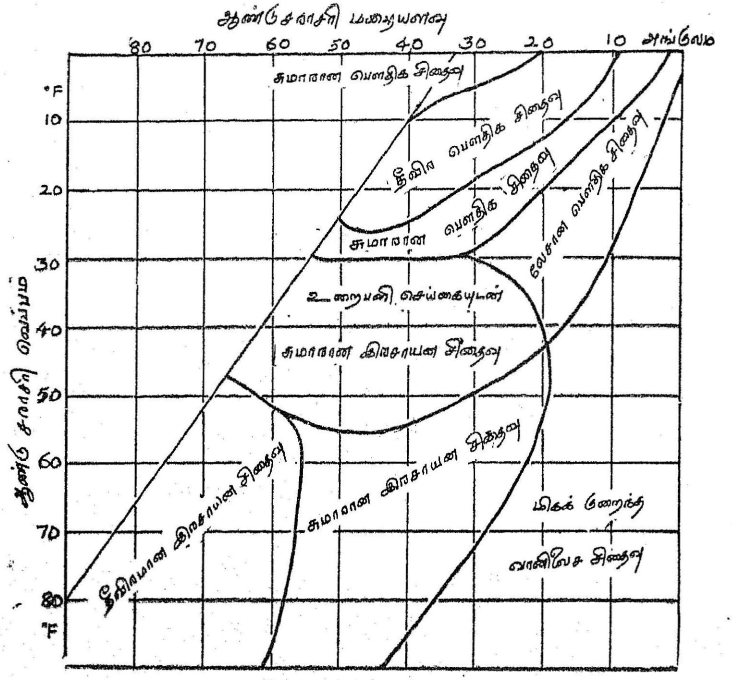
(5) காலம்

(1) **மூலப் பாறை:** மூலப் பாறையிலுள்ள தாதுப் பொருள் களின் தொகுப்பமைப்பு பாறையின் அமைப்பு, கடினத் தன்மை ஆகியவற்றைப் பொருத்துதான் பாறைகள் விரைவாகவோ அல்லது மெதுவாகவோ வானிலைச் சிதைவடைகின்றன. ஒவ்வொரு தாதுப் பொருளும் வெவ்வேறு வகையில் சிதைவுக் குள்ளாகிறது. குவார்ட்ஸ் தாது மற்ற தாதுக்களைவிட கடின மாக இருப்பதால் எளிதில் வானிலைச் சிதைவடைவதில்லை. எனவே குவார்ட்ஸ் தாது அதிகமாக உள்ள மணற் பாறை, குவார்ட் சைட் போன்றவை மற்ற பாறைகளை விட தாமதமாகவே சிதை வடைகின்றன. சுண்ணும்புப் பாறை, சலவைக்கல் போன்ற வற்றில் கால்சைட், நிறைந்துள்ளதால் கரைதல் (solution) செய் கையின் மூலம் அவை சிதைகின்றன. அதாவது கார்பனேட்டுகள் நிறைந்த பாறைகள் கரைதல் செயலுக்கு எளிதில் இலக்கா கின்றன.

படிகங்களால் நெருக்கமாகப் பின்னப்பட்டிருக்கும் பாறை களைக் காட்டிலும் தாதுப் பொருள்களால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் பாறைகள் எளிதில் சிதைகின்றன. படிவுப் பாறைகளிலுள்ள தாதுப் பொருள்கள் சிலிகா, கால்சியம் கார்பனேட், இரும்பு ஆக்ஸைடு, களிமண் போன்ற பொருள்களால் இணைக்கப்பட்டிருக் கின்றன. இவ்விணைப்புப் பொருள்களின் தன்மைக்கு ஏற்ப பாறைகள் சிதைவுறுகின்றன. உதாரணமாக சிலிகா இணைப்புப் பொருளாக இருப்பின் பாறை எளிதில் சிதையாது. கால்சியம் கார்பனேட் இணைப்புப் பொருளாக இருப்பின் அது நீரின் கரைதல் செயலால் பாதிக்கப்பட்டு சிதைகிறது. இரும்பு ஆக்ஸைடு இணைப்புப் பொருளாக இருப்பின் அதில் கார்பனுக்கம் ஏற்படு கிறது. களிமண் இணைப்புப் பொருளாக இருப்பின் அங்கு பௌதிகச் சிதைவு ஏற்படுகிறது.

அடுக்குத்தளம் கொண்ட படிவுப் பாறைகள் மற்றவைகளை விட எளிதில் உடைகின்றன. பாறைகளிலுள்ள மூட்டுகளும், வெடிப்புகளும் நீர்புகுந்து செல்வதற்கு வழிவகுப்பதால் அப் பாறைகள் எளிதில் சிதைகின்றன.

(2) **கால நிலை:** வானிலைச் சிதைவை பாதிக்கிற காரணிகளில் காலநிலை மிக முக்கியமானதாகும். சூரிய வெப்பம், குளிர்ச்சி, வளர்ச்சி, ஈரப்பதம் ஆகியவைகளுக்கு ஏற்ப வானிலைச் சிதைவின் வகையும் அளவும் மாறுகிறது (படம் 10).



படம் 10. காலநிலையும் வானிலைச் சிதைவும.

அயன மண்டலம்

அயன மண்டலத்தில் வெப்பமும் மழையும் அதிகமாக இருப்பதால் இரசாயன சிதைவு தீவிரமாகக் காணப்படுகிறது. இரசாயனச் சிதைவினுல் இங்குள்ள பாறைகள் சிதைந்து இரும்பு ஆக்ஸைடு நிறைந்த செம்பூராங்கல் (Laterite) மண்ணுகவும், அலுமினிய ஆக்ஸைடு நிறைந்த பாக்சைட் (Bauxite) மண்ணுகவும் மாறுகிறது. கிரானைட் சிதைவடைந்து தோன்றும் கயோலினைட் களிமண்ணில் அலுமினியத் தாது நிறைந்துள்ளதால் அது நீருடன் சேர்க்கை செய்து அலுமினிய ஆக்ஸைடாக மாறுகிறது. அலுமினிய ஆக்ஸைடு பின்பு படிகமாகி பாக்சைட் கனிமமாக மாறுகிறது. அயன மண்டலத்தில் காணப்படும் ஓபல் (opal) என்ற

வைரக்கல் வானிலைச் சிதைவடைந்த சிலிகாவிலிருந்து தோன்றிய தாகும்.

மித வெப்ப மண்டலம்

மித வெப்ப மண்டலத்தில் குளிர் காலத்தில் உறைபனி செய்கை தீவிரமாக காணப்படும். இங்கு தரையிலிருந்து வெகு ஆழம் வரை பௌதிக சிதைவே காணப்படுகிறது. வெப்பமும் மழையும் அயன மண்டலத்தைவிட குறைவாக இருப்பதால் நீரில் கரைந்துள்ள களிமண் போன்ற தாதுப் பொருள்கள் கடத்தப் படாமல் ஒரே இடத்தில் தங்கி விடுகின்றன. எனவே இங்கு அகன்று தாழ்ந்த சரிவு குறைந்த நிலத்தோற்றம் காணப்படுகிறது.

வெப்பப் பாலைவனம்

வெப்பப் பாலைவனத்தில் நீர் இல்லையாதலால் இரசாயனச் சிதைவு ஏற்படுவதில்லை. பாலைவனங்களிலுள்ள நிலநீர் மேல் நோக்கி உறிஞ்சப்பட்டு ஆவியாவதால் தரையில் உப்புப் படிவுகள் காணப்படுகின்றன. அவற்றில் கால்சியம் கார்பனேட் உப்பு முக்கியமானதாகும்.

வறண்ட பகுதிகளில் சுண்ணும்புப் பாறைகளைவிட கிரானைட் பாறைகளே எளிதில் சிதைகின்றன. ஏனெனில் இங்கு சுண்ணும்புப் பாறைகளில் கரைதல் செய்கையோ அல்லது இரசாயன மாற்றமோ ஏற்படுவதில்லை. எனவே, கிரானைட் பாறைகளைக் காட்டிலும் சுண்ணும்புப் பாறைகள் உறுதியாகவும் உயர்ந்தும் காணப்படுகின்றன. அரிஸோனுவிலுள்ள கிரான்ட் கேன்யான் (Grand Canyon) இதற்கு சிறந்த உதாரணமாகும். கிரான்ட் கேன்யானில் உயர்ந்து நிற்கிற செங்குத்துப் பாறைகள் யாவும் சுண்ணும்புப் பாறைகளாகும்.

குளிர் பாலைவனம்

குளிர் பாலைவனங்களில் நீர் இருந்தாலும் அது உறைந்து விடுவதால் பாறைகள் இரசாயன மாற்றம் அடைவதற்கு வழியில்லை. எனவே, இங்கு பாறைகளின் நிறம்கூட மாருமல் இருக்கிறது. கோடையில் பனி உருகி மீண்டும் உறைவதால் உறைபனிச் செய்கை இங்கு முக்கியமாகக் காணப்படுகிறது.

(3) தாவரம் : காலநிலைக்கு ஏற்ப தாவரங்கள் பரவிக் காணப் படுகின்றன. நிலத்தில் வழிந்து செல்லும் நீரைத் தாவரங்கள் தடுப்பதால் அது தேங்கி பூமிக்குள் ஈர்க்கப்படுகிறது. எனவே இப்பகுதிகளில் கீழ் அடுக்கில் இரசாயனச் சிதைவு தீவிரமாக

உள்ளது. இதைத் தவிர உயிரினச் சிதைவுக்கு தாவரங்கள் நேரிடையாகப்பணிபுரிகின்றன.

(4) **நிலத்தோற்றம் :** நிலத்தின் உயரமும் சரிவும் வானிலைச் சிதைவை பாதிக்கின்றன. நிலம் உயரமாகவும் சரிவு மிகுந்த தாகவும் இருந்தால் நீர் வழிந்து நீண்ட தூரத்திற்குச் செல்லு கிறது. எனவே தாதுக்கள் அதிக அளவில் கரைகின்றன. உயர்ந்த மலைகளில் தாவரங்களின் எல்லைக்கு மேலுள்ள பகுதியில் உறைபனிச் செய்கை தீவிரமாக உள்ளது. ஆனால் தாழ்ந்த நிலங்களில் தாவரங்கள் அடர்ந்திருப்பதால் நீர் வழிந்து செல் லாமல் கீழ் அடுக்குகளில் சேர்ந்து இரசாயன சிதைவை ஏற் படுத்துகிறது. நீர் விரைவாக வழிந்துச்செல்லும் சரிவுமிகுந்த பகுதிகளில் இரசாயன மாற்றம் ஏதும் ஏற்படுவதில்லை. காற்றின் திசையிலுள்ள சரிவிலும், மழையின் திசையிலுள்ள சரிவிலும் வானிலைச் சிதைவு அதிகமாக ஏற்படுகிறது. உயர்ந்த நிலங்களில் சூரியனின் திசையிலுள்ள சரிவில் உறைபனி செய்கை அதிகமாகக் காணப்படுகிறது.

வெப்ப மாறுதல்களால் பாறைகளிலுள்ள தாதுக்கள் விரி வடைந்து சுருங்குகின்றன. இரசாயன மாற்றத்திற்கு வெப்பமும் ஈரமும் அவசியமாதலால் இவை அதிகமுள்ள பகுதிகளில் பாறைகள் எளிதில் சிதைகின்றன. வெப்பம் சுமார் 10° C உயர்ந்தால் இரசாயன மாற்றம் இரு மடங்கு துரிதப்படுகிறது.

தாதுப் பொருள்களின் தொகுப்பமைப்பும் வானிலைச் சிதைவுக்கு காரணமாயுள்ளது. கறுப்பு நிறப்பாறைகள் (காரப் பாறைகள்), வெள்ளை நிறப் பாறைகளை (அமிலப் பாறைகள்) விட எளிதில் இரசாயன சிதைவடைகின்றன. எனவே கிரானைட் பாறையைக் காட்டிலும் காப்ரோ எளிதில் இரசாயன சிதை வடைகிறது.

(5) **காலம் :** வானிலைச் சிதைவுக்கு தயாரான நிலையில், பாறைகள் எவ்வளவு காலம் இருக்கின்றன என்பதைப் பொருத்து வானிலைச் சிதைவின் அளவு மாறுபடுகிறது. உதாரணமாக பனியினாலும், நீரினாலும் மூடப்பட்டிருக்கும் வரை பாறைகள் சிதைவதில்லை. நிலம் உயரும் போது நீர் விலகுவதால் பாறைப் பகுதி வளிமண்டலத்தின் தாக்குதலுக்கு இலக்காகிறது. எனவே பிளைஸ்டோசின் காலத்தில் பாறைகள் பனியினால் மூடப்பட் டிருந்தும் வானிலைச் சிதைவினால் பாதிக்கப்படாமல் இருந்தன.

வானிலைச் சிதைவின் விளைவுகள்

புவித்தளத்திலுள்ள பாறைகள் வானிலைச் சிதைவு அடைவதால் நிலத்தோற்றம் பல மாறுதல்களை அடைகிறது. சிதைந்த பாறைகள் மிக எளிதாக அரிக்கப்பட்டு கடத்தப்படுகின்றன. அதாவது ஆறு, பனியாறு, காற்று கடல் அலை போன்ற அசைவு செய்முறைகள் பாறைகளை அரிப்பதற்கு வானிலைச்சிதைவு உறு துணையாக இருக்கிறது.

வானிலைச் சிதைவினால் நிலத்தோற்றத்தில் ஏற்படும் விளைவுகள் பின்வருமாறு :

(1) வானிலைச் சிதைவினால் பாறைகள் பலவீனமடைந்து சிதைவுறுகின்றன. புவியோட்டில் வானிலைச் சிதைவு எதுவரை காணப்படுகிறதோ அதற்கு வானிலைச் சிதைவு மண்டலம் (zone of weathering) என்று பெயர். இம்மண்டலம் பொதுவாக தரையிலிருந்து சுமார் 100 அடி ஆழம் வரை காணப்படுகிறது. நிலநீர் மட்டத்திற்கு கீழே வானிலைச் சிதைவு பொதுவாக காணப் படுவதில்லை. ஏனெனில் அங்கு இரசாயனச் சிதைவை ஏற்படுத்தும் நீர் இல்லை.

(2) தரையிலுள்ள பாறைகள் வானிலைச் சிதைவு அடைவதால்தான் ஆறு, பனியாறு, காற்று போன்ற அசைவுச் செய் முறைகளால் எளிதில் அரிக்கப்பட்டு கடத்தப்படுகின்றன. எனவே புவியில் காணப்படும் அரிப்பு செய்முறைகள் யாவும் வானிலைச் சிதைவோடு தொடர்பு கொண்டுள்ளன.

(3) பருப் பொருள்களின் அசைவுக்கு (mass movement) வானிலைச் சிதைவுதான் முதல் படியாகும். சிதைவடைந்த பொருள்கள் புவியீர்ப்பு விசையினால் சரிவுகளில் நகருகின்றன. உதாரணமாக மலைகளில் உறைபனிச் செய்கையால் உடைந்த பாறைகள் புவியீர்ப்பு விசையினால் நகர்ந்து மலையடிவாரத்தில் குவிந்து காணப்படுகின்றன. கூம்பு போன்று அமைந்துள்ள இக் குவியல் உடைகற்குவை (Talus or scree) எனப்படும்.

(4) சுண்ணாம்புப் பாறை, டாலமைட், ஜிப்சம் ஆகியவை கீழ் அடுக்காக உள்ள பகுதிகளில் கரைதல் செய்கை தீவிரமாக இருப்பதால் நிலத்தோற்றம் விரைவில் தாழ்ந்து விடுகிறது.

(5) வானிலைச் சிதைவின் வேறுபாட்டால் நிலத் தோற் றங்கள் சில புதிதாகவும், சில மாறுபட்டும் அமைகின்றன. உதா ரணமாக பாறைக் கட்டடங்கள்(stone latice) தேன் கூட்டுப்பாறை (honeycombed rock), அடுக்கு வரி இழை (stratification ribs)

போன்றவை மெல்லிய அடுக்குகள் கொண்ட பாறைகளில் வானிலைச் சிதைவால் தோன்றும் அமைப்புகளாகும். கிரானைட் பாறைகளில் மூட்டுகள் செங்கோண அமைப்பில் தோன்றுவதால் பாறைகள் செவ்வகங்களாக உடைகின்றன. இச் செவ்வகங்களில் இரசாயனச் சிதைவு ஏற்பட்டு முனைகள் மழுங்குவதால் இவை தனித்தனி உருண்டைகளாக மாறுகின்றன. இவ் உருண்டைப் பாறைகள் டார்ஸ் (Tors) அல்லது அரண் எனப்படுகின்றன. வானிலைச் சிதைவால் தோன்றும் நிலத் தோற்றங்களில் வட்டுருண்டை (spheroidal) கற்களும், பொறை நீங்கிய கும்மட்டங்களும் (exfoliation domes) முக்கியமானவை இவை பற்றி முந்திய பகுதிகளில் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

இரசாயனச் சிதைவினால் சுண்ணாம்புப் பாறை, டாலமைட் ஆகியவை அமைந்த பகுதிகளில் நிலத்தோற்றங்கள் பல மாறுதல்களை அடைகின்றன. இப்பாறைகள் கீழ் அடுக்கில் இருப்பின், இவை நீரில் கரைந்து பீடப் பாறைகளும் (pedastal rocks), காளான் பாறைகளும் (mushroom rocks) தோன்றுகின்றன. இப் பாறைகளில் நீர் புகுந்து செல்லு போது தாதுக்கள் கரைவதால் மண் தூண்கள் (earth pillars) தோன்றுகின்றன. மத்திய இமய மலையில் ஸ்பிட்டி (spiti) என்னுமிடத்திலுள்ள வண்டல் படிவுகளில் இத்தகைய மண் தூண்கள் காணப்படுகின்றன.

(6) வானிலைச் சிதைவினால் ஏற்படும் விளைவுகளில் மண்ணின் (Soil) தோற்றம் மிக முக்கியமானதாகும். மண்ணின் தோற்றம், வகை ஆகியவைபற்றி பின்னர்வரும் அத்தியாயத்தில் காண்போம்.

6. பருப் பொருள்களின் அசைவு

(Mass Movements)

பாறைகள் வானிலைச் சிதைவடைவதால் தோன்றும் பாறைத் துகள்கள் ஒரே இடத்தில் நிலையாக இருப்பதில்லை. ஏதாவது ஒரு விசையினுல் அவை வெவ்வேறு இடங்களுக்கு கடத்தப்படுகின்றன. ஆறு, பனியாறு, காற்று, லாவா ஆகியவற்ருல் பாறைத் துகள்கள் கடத்தப்படுவதை பருப் பொருள்களின் கடத்தல் (mass transportation) என்பர். ஆனுல் இவை இல்லாமலேயே பாறைத்துகள்கள் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு கடத் தப்படுகின்றன. குறிப்பாக சரிவுகளில் காணப்படும் பாறைத் துகள்கள் புவியீர்ப்பு விசையினுல் கீழ்ச் சரிவை (down slope) நோக்கி நகருகின்றன. இவ்வாறு புவியீர்ப்பு விசையினுல் பாறைத் துகள்கள் நகருவதை பருப் பொருள்களின் அசைவு (mass movement or mass wasting) என்கிருேம்.

பருப் பொருள்களின் அசைவைத் தோற்றுவிப்பதில் நீர் எவ் வித பங்கும் வகிக்கவில்லையென்ருலும் அசைவைத் துரிதப்படுத்து வதற்கு அது பெரிதும் உதவி செய்கிறது. பாறைத் துகள்களில் நீர் கலந்திருந்தால், அது துகள்கள் நகரும்போது அவற்றின் உராய்வைக் குறைக்கிறது. எனவே அசைவு துரிதப்படுகிறது. பாறைகளின் புரைகளில் (Pores) நீர் புகுந்து எடையை அதி கரிக்கச் செய்வதால் அவற்றின் அசையும் வேகம் அதிகரிக்கிறது. நீரைப் போலவே பனிக்கட்டியும் அசைவை வேகப்படுத்துகிறது.

பருப் பொருள்களின் அசைவுக்கு காரணமான புவியீர்ப்பு விசை சரிவுகளின் அளவுக்கு ஏற்ப அதிகரித்தோ அல்லது குறைந்தோ காணப்படுகிறது. எனவே சரிவு அதிகமானுல் பாறைத்துகள்கள் வேகமாக கீழ்நோக்கி நகருகின்றன. புவித் தளத்தில் பாறைத் துகள்கள் குவிந்திருக்கிற பகுதிகளெல்லாம் சுமார் 25° முதல் 40° வரை சரிவு கொண்டவையாக உள்ளன. அசைவின் வேகம் சரிவைத்தவிர பாறைத்துகள்களின் அமைப்பு, வழவழப்பு, மொத்த அளவு ஆகியவற்றையும் பொருத்துள்ளது.

பருப் பொருள் அசைவை வகைப்படுத்துதல்

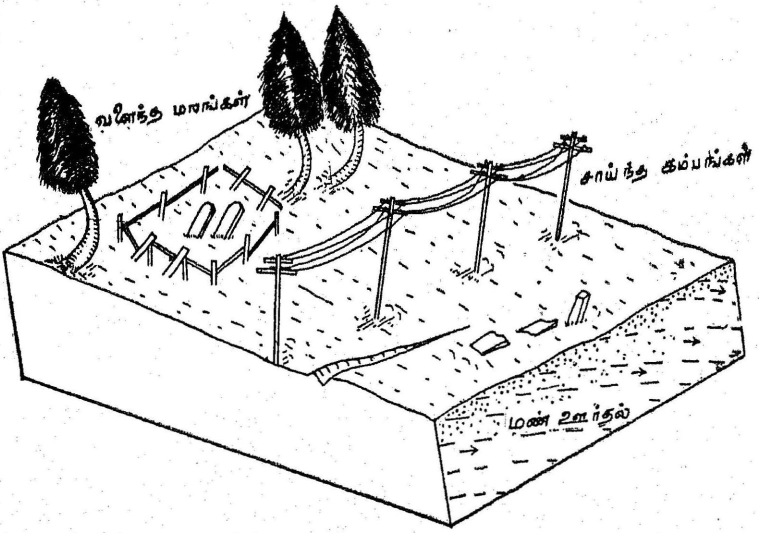
பருப் பொருள்கள் சரிவுகளில் நகரும்போது அவற்றில் கலந்துள்ள நீரின் அளவு, துகள்களின் நகரும் தன்மை, நகரும் வேகம் ஆகியவற்றைப் பொருத்து அவற்றின் அசைவை (1) மெதுவாக நகருதல் (2) வேகமாக சரிதல் என இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

மெதுவாக நகரும் வகையில் பல வகைகள் உள்ளன. அவை யாவன: (1) ஊர்தல் (creep) (2) மண் வழிதல் (solifluction) (3) பாறைப் பனியாறு (Rock glaciers).

வேகமாக சரிதலில் கீழ்க்கண்ட வகைகள் உள்ளன. அவை (1) நிலச் சரிவு (Land slide) (2) பாறை வீழ்ச்சி (Rock fall) (3) பனிப்பாறை வீழ்ச்சி (avalanche) (4) சரிந்து குவிதல் (slump) (5) சேறு வழிதல் (Mud flow) என்பனவாகும்.

ஊர்தல்

பருப் பொருள்கள் சரிவுகளில் மிகவும் மெதுவாக நகருவது ஊர்தல் (creep) எனப்படும். நகரும் பொருள்கள் மண்ணாக இருப்பின் அந்த அசைவு மண் ஊர்தல் (soil creep) என்றும்,

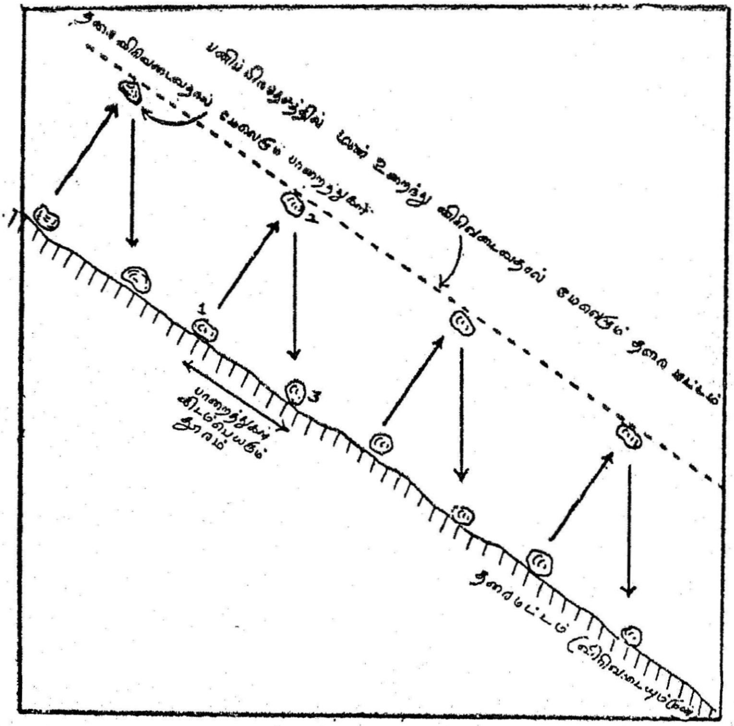


படம் 11. மண் ஊர்தலை உணர்த்தும் சான்றுகள்

பாறையாக இருப்பின் பாறை ஊர்தல் (rock creep) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. ஆனால் பொதுவாக நுண்ணிய துகள்களின்

கண்ணுக்குப் புலப்படாத மெதுவான அசைவையே ஊர்தல் என்கிறோம். ஊர்தலில் அசையும் பொருள்களின் வேகம் அடிப்பகுதிகளில் குறைவாகக் காணப்படுகிறது. எனவே தரையில் புதைந்துள்ள பாறைகள் அவற்றின் அசைவால் அரிக்கப்படுவதில்லை. மண் ஊர்தலின் வேகம் ஆண்டிற்கு ஒரு சில அங்குலங்களே இருப்பதால் மண்ணில் புற்கள் வளருவதற்கு தடை ஏற்படுவதில்லை. பருப் பொருள்களின் ஊர்தலை நாம் கண்ணுக்கெதிரே பார்க்க முடியாவிட்டாலும் அதனை மரங்களின் அடிப்பாகம் வளைந்திருப்பதன் மூலமாகவும் தந்திக் கம்பங்கள் சாய்ந்திருப்பதன் மூலமாகவும் கண்டுக் கொள்ளலாம். *(படம்: 11)*

புவித்தளம் உறைந்தும், உருகியும், நனைந்தும், உலர்ந்தும் வருவதால் மண் சுருங்கி விரிவடைகிறது. இதுவே மண் ஊர்த



படம் **12.** மண் விரிவடைந்து சுருங்குவதால் மண் ஊர்தல் ஏற்படுகிறது.

லுக்கு காரணமாகும். *(படம் : 12)* மண் விரிவடையும்போது அதன் துகள்கள் செங்குத்தாக மேல் நோக்கி விரிவடைகின்றன.

குளிர்ச்சியடையும்போது அவை பழையபடியே செங்குத்தாக இறங்காமல் புவியீர்ப்பு விசையினுல் கீழ்ச் சரிவை நோக்கி தள்ளப் படுகின்றன. உயர்ந்த அட்சாம்சங்களில் உறைபனி விரிவடைந்து சுருங்குவதால் பாறைத் துகள்கள் கீழ்ச் சரிவை நோக்கி நகருகின்றன. இது பனி விரிவு ஊர்தல் (frost heaving) எனப்படும். இங்குள்ள ஓங்கல், குத்துப்பாறை, மலைச்சரிவு ஆகியவை உறை பனிச் செய்கையினுல் பாதிக்கப்பட்டு உடைகின்றன. இப் பாறைத் துகள்கள் புவியீர்ப்பு விசையினுல் ஈர்க்கப்பட்டு சரிவுகளின் அடிவாரத்தில் குவிந்து காணப்படுவதை உடை கற்குவை (Talus or scree) என்கிறோம். இவ்வசைவு பாறை ஊர்தல் வகையைச் சார்ந்ததாகும்.

மண் வழிதல்

நீரினுல் பூரிதமடைந்த மண் கீழ்ச் சரிவை நோக்கி வழிதலை மண் வழிதல் (solifluction) என்கிறோம். இத்தகைய அசைவில் துகள்கள் ஒரு நாளைக்கு சில அங்குலங்கள் முதல் சில அடிகள் வரை நகருகின்றன. மண் வழிதல் உப-துருவப் பிரதேசங்களில் குறிப்பாக காணப்படுகிறது. இப்பகுதியில் மண் தரையின் கீழ் அடுக்கில் நிரந்தர அல்லது நித்திய உறைபனி அடுக்கு (permafrost) காணப்படுவதால் பனி உருகித் தோன்றும் நீர் அதனுள் புகுந்து செல்ல முடியாமல் மண் துகள்களிலேயே கலந்து பூரிதமடைகிறது. அப்போது மண் துகள்கள் கீழ்ச் சரிவை நோக்கி வழிகின்றன. மண் வழிதல், நீர்புகாத கீழ் அடுக்கு கொண்ட பகுதிகளில் பொதுவாக காணப்படுகிறது. மண் வழியும் பரப்பின் நுனியில் பொதுவாக வளைந்த நீண்ட குன்றுகள் தோன்றுகின்றன.

மண் வழிதலின் விளைவாக புவித்தளத்தில் பல்வேறு மண் வடிவங்கள் (soil patterns) ஏற்படுகின்றன. இவ்வடிவங்கள் பெரும்பாலும் உயர் அட்சாம்சங்களிலும், உயர் நிலங்களிலும் காணப்படுகின்றன. நித்திய உறைபனி அடுக்கு கொண்ட இப் பகுதிகளில் உருகுவதும் உறைவதும் மாறி மாறி நடைபெறுவதால் மண்ணிலுள்ள பாறைத் துகள்கள் அசைந்து பிரிந்து பல் வேறு வடிவங்களில் அமைகின்றன. மண் வழியும்போது சற்று பெரிய கற்கள் பல் கோண கட்டங்களில் (polygonic) அமைந்து நடுவில் களிமண், கூழாங்கற்கள் போன்றவை காணப்படுகின்றன. இத்தகைய வடிவம் கல் வளையம் (stone ring) எனப்படுகிறது. பல கல் வளையங்கள் சேர்ந்து கல் வலைகளாகக் (stone nets) காட்சியளிக்கும். சில சமயம் கல்வலைகள் பல்கோண கற்கட்டங்கள் (stone polygons) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. இவை

30 அடி வரை விட்டம் கொண்டுள்ளன. இவற்றில் கற்கள் சுமார் 2 அடி ஆழம் வரை காணப்படுகின்றன. கல்வலைகள் பெரும்பாலும் சுமாரான சரிவு கொண்ட தட்டையான நிலங்களிலேயே தோன்றுகின்றன. சரிவு சற்று அதிகமுள்ள நிலங்களில் மண் வழிதல், சற்று துரிதப்படுவதால் கீழ்ச் சரிவுப் பகுதியில் கற்கள் நகர்ந்து கல் மாலைகள் (stone garlands) தோன்று கின்றன. சரிவு இன்னும் அதிகமாக உள்ள நிலங்களில் கல் மாலைகள் அசைந்து கல் வரிகளாக (stone strips) மாறுகின்றன. இவற்றில் கற்கள் இணையான நேர்கோடுகளில் அமைந்து காணப் படுகின்றன. துந்திர தாவரங்கள் நிறைந்த பகுதிகளில் நுண் படிவுகளால் ஆன சிறு குன்றுகள் (earth hummocks) காணப் படுகின்றன. மண் வழிதலில் காணப்படும் இவ்வடிவங்களை நிலத் தோற்றம், வடிகால் அமைப்பு தாவரம், துகள்கள் ஆகியவை பாதிக்கின்றன. உப-துந்திர பிரதேசங்களிலுள்ள தீவுகளிலும், உயர்ந்த மலை உச்சிகளிலும் உறைபனிச் செய்கையால் பாறைகள் சிதைவுற்று பெரிய பாளங்களாக உள்ளன. இப்பகுதி பாறைப் பாள மண்டலம் (block field or felsen meere) எனப்படும்.

பாறைப் பனியாறு

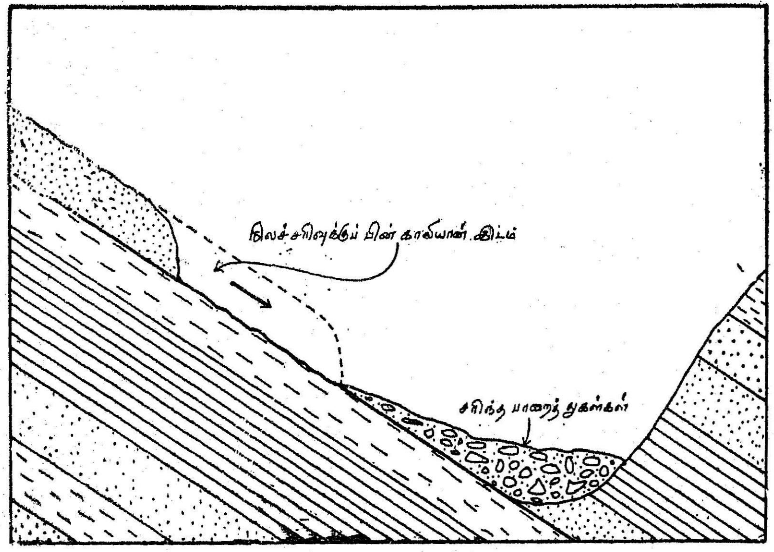
கூரிய முனைகொண்ட பெரும் பாறைத் துகள்கள் சுமார் 100-200 அடி கன கொண்ட அடுக்குகளாக ஒரு பனியாற்றைப் போல் ஊர்ந்து வருகின்றன. இப்பாறைகளின் வெளியிடங்களில் (cavity) பனி நிரம்பி காணப்படும். இவை முன்பு பனியாறுகள் அமைந்திருந்த பள்ளத்தாக்குகளில் காணப்படுகின்றன. பாறைத் துகள்களின் இடையிலுள்ள உறை பனியினால்தான் இவை நகரு கின்றன. இத்தகைய பாறைப் பனியாறுகளை தற்போதும் காணலாம்.

நிலச்சரிவு

பெரும் பாறைகளும், சிதைவடைந்த பாறைத் துகள்களும் கீழ் நோக்கி விழுவதையோ அல்லது சரிவதையோ நிலச்சரிவு (land slide) என்கிறோம் (படம்: 13). நிலச்சரிவில் சரிதல் அதி வேகமாக ஏற்படுகிறது. இதில் நகரும் பொருள்களின் பரப்பு மிகவும் திட்டவட்டமாகத் தெரிகிறது. அதாவது நகரும் பகுதியை நாம் நன்கு பார்க்க முடிகிறது. ஆனால் ஊர்தலில் அவ்வாறு காண்பது சிரமமாகும். நிலச்சரிவுக்கு கீழ்க்காணும் காரணங்கள் மிக முக்கியமானவையாகும். (1) தரைக்கு அடியி லுள்ள பாறையின் தாங்கும் சக்தி (support) குறையும் போது நிலம் சரிகிறது. உதாரணமாக அரிப்பினால் நில அடிவாரம்

தேயுறும்போது தாங்குதல் குறைகிறது. (2) சரிவின் உச்சியில் எடை கூடும்போது நிலச்சரிவு ஏற்படுகிறது. (3) நில அதிர்ச்சி அலைகளினால் பாறைகள் தாக்கப்பட்டு நிலச்சரிவு ஏற்படுகிறது.

புரையிடங்களில் (pores) நீரின் அழுக்கம் அதிகரிப்பதாலும், காற்று நீரினால் வெளியேற்றப்படுவதாலும், பிணைப்புப் பொருட்கள் கரைவதாலும், களிமண் பாறைகள் நீரில் ஊறியிருப்பதாலும் நிலச்சரிவு துரிதமாக்கப்படுகிறது.



படம் 13. நிலச்சரிவு

படிவுப் பாறைகளின் அடுக்குத்தளம் (பாறைப்படிமானம்) பள்ளத்தாக்குகளை நோக்கி சரிந்திருக்கும் பகுதிகளில் நிலச்சரிவு அடிக்கடி ஏற்படுகிறது.

பாறை வீழ்ச்சி

மலைச் சரிவுகளிலிருந்து பாறைகள் உடைபட்டு உதிரியாகி கீழே விழுவது பாறை வீழ்ச்சி எனப்படும். மலையடிவாரத்தில் இவ்வாறு விழுந்து குவியும்போது அது உடைகற்குவை எனப்படுகிறது. அடிவாரத்தில் தோன்றும் உடைகற்குவை ஒரு குறிப்பிட்ட சரிவுக்கோணம் கொண்டுள்ளது. உதிரிப் பொருட்

களால் குவிந்து தோன்றிய இது சுமார் 25° முதல் 35° வரை சரிவுக்கோணம் கொண்டுள்ளது. சரிவு இதற்குமேலும் ஏற்படும் போது பாறைப்பொருட்கள் சரிந்துவிடுவதால் இதே கோண அளவு தொடர்ந்து காணப்படுகிறது. உடைகற்குவை, வன்சரி வுள்ள ஓங்கல் அடிவாரங்களிலும், தாவரமில்லாத பொட்டல் காடுகளிலும் உறைபனிச் செய்கை அதிகமுள்ள பகுதிகளிலும் காணப்படுகிறது.

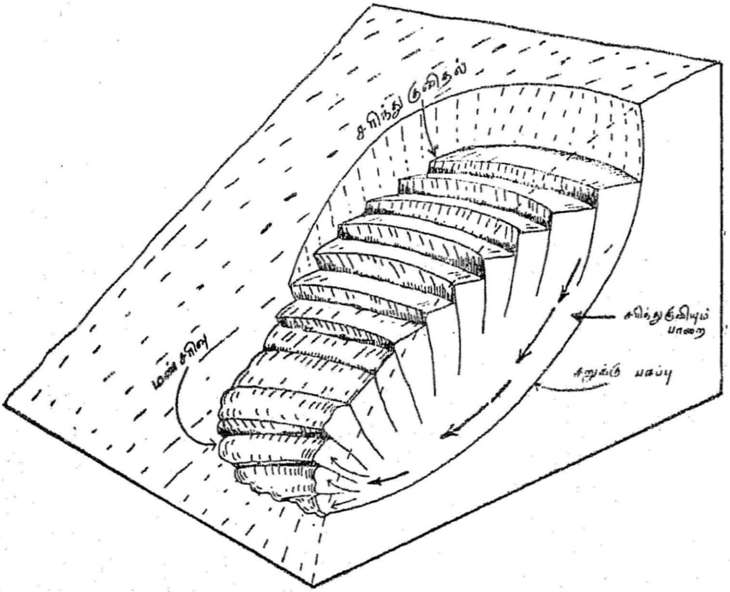
பனிப்பாறை வீழ்ச்சி

பனிக்கட்டி, பாறைத் துகள்கள் ஆகிய பொருள்களின் அதி வேகமான சரிதலுக்கு பனிப்பாறை வீழ்ச்சி (avalanche) என்பது பெயர். பனிக்கட்டிப்போன்ற பொருள்கள் சரிந்து விழுவதால் அவை நொருங்குகின்றன். பாறைகள் உடைந்து வெளிப்பட்ட நீரும், அழுத்தத்தினுல் வெப்பமடைந்த காற்றுல் பனிக்கட்டி உருகி தோன்றிய நீரும், நொருங்கிய பொருட்களுடன் சேருவ தால் அவை வேகமாக நகருகின்றன. பனிப்பாறை வீழ்ச்சியில் உயிர்ச்சேதமும், பொருள்சேதமும் ஏற்படுகிறது. பனிப்பாறை வீழ்ச்சி ஏற்படும்போது இடிபோன்ற ஓசை தொடர்ந்து கேட் கிறது. இதன் வேகத்தால் பனிக்கட்டிகளும் பாறைகளும் நொருங்குகின்றன. பெருவில் (Peru) 1962ஆம் ஆண்டு ஏற் பட்ட பனிப்பாறை வீழ்ச்சி ஏழு நிமிடங்களில் 12 மைல் தூரத் திற்கு கடந்திருக்கிறது. பருப் பொருள் வீழ்ச்சி (debris avalanche) பனிப்பாறை வீழ்ச்சியைப் போலவே ஈரப்பகுதிகளில் காணப்படு கிறது.

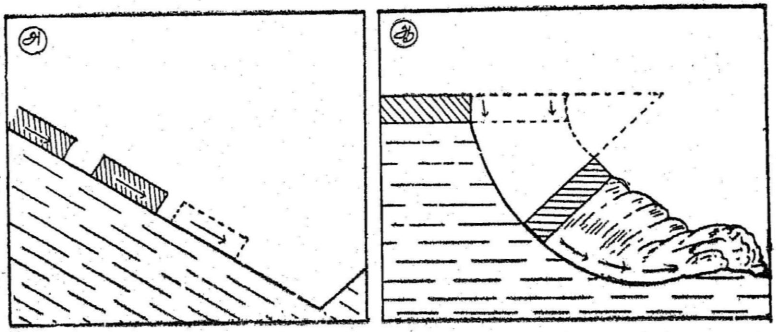
சரிந்து குவிதல்

பிணைக்கப்படாத (un consolidated) பாறைத்துகள்களைக் கொண்ட மலைச்சரிவுகளில் சில சமயம் பாறை அல்லது மண் அடுக்கின் ஒரு பெரிய பகுதி அதன் தளத்திலிருந்து பிரிந்து நிலத் தின் சரிவை நோக்கி திடீரென சரிந்து குவிகிறது. அவ்வாறு சரிந்து குவியும்போது பாறைத் துகள்கள் கீழிருந்து மேலாக புரட்டப்படுவதால் அவற்றின் மேல்தளம் எதிர்புறத்தில் சாய்ந் துள்ளது. பாறைப் பொருட்கள் பிரிந்து வந்த தளம் ஒரு தேக் கரண்டியின் அமைப்பில், மேற்பகுதியில் குவிந்த சரிவைக் கொண் டிருக்கும் (படம்: 14). சரிந்து குவிதலில் பிணைக்கப்படாத பாறைப் பொருட்கள் கீழ்நோக்கி சரிவதோடு பரவியும் செல் கின்றன. சரியும்தளம் (slip surface) வளைவாகக் (curved plane) காணப்படுகிறது. இத்தகைய சரிந்து குவிதல் உயர்நிலை சரிவு களின் அடிவாரத்தை கடல் அலை அல்லது ஆறு அரிக்கும்போதும்,

பிளவுகளிலும், ஒத்த பண்புடைய (homogeneous) பாறை அமைந்தபகுதிகளிலும் காணப்படுகிறது. உதாரணமாக நீரில் பூரித மடைந்த களிமண்ணில் இது ஏற்படுகிறது (படம் 15).



படம் 14. சரிந்து குவிதல்



படம் 15. நிலச்சரிவிற்கும் சரிந்து குவிதலுக்கும் உள்ள வேறுபாடு.

சேறு வழிதல்

சேறு வழிதலும் மண் வழிதலைப் போலவே நீரால் பூரித மடைந்து ஏற்படுகிறது. ஆனல் சேறு வழிதல் பொதுவாக

பள்ளத்தாக்குகளில்தான் காணப்படுகிறது. இதன் வேகமும் அதிகமாக உள்ளது. மண் வழிதலைப்போல் மலைச் சரிவுகளில் இவை தோன்றுவதில்லை. பள்ளத்தாக்குகளில் கீழ் அடுக்கில் களி மண்ணும் மேல் அடுக்கில் மணலும் உள்ள பகுதிகளில் இது ஏற்படு கிறது. வறண்ட நிலப்பகுதிகளில் தாவரம் அரிதாகையால் வறண்டப் பருவங்களுக்கிடையில் பெய்யும் பெரு மழையினால் சிதைந்த பொருள்கள் பூரிதமடைந்து வழிகின்றன. இவை நகர்ந்து செல்லும்போது வழியில் தென்படும் பொருட்களையும் சுமந்து செல்கின்றன.

சேறு வழிதலின் வேகம் சரிவு கோணத்தையும் சேற்றில் கலந்துள்ள நீரின் அளவையும் பொருத்துள்ளது. இது கெட்டித் திரவமாக (viscous) உள்ளதால் இதற்கு அடர்த்தி அதிகம். எனவே பெரிய பாறைகளையும் சில சமயங்களில் இவை கடத்து கின்றன. எரிமலைச் சாம்பல் போன்ற பொருட்களைக் கொண் டுள்ள சரிவுகளில் பெருத்தமழை பொழியும்போது சேறுவழிதல் ஏற்படுகிறது. எரிமலைப் பொருள்கள் இவ்வாறு வழிந்து செல் வதை லகார் (Lahar) என்பர்.

7. ஆறுகள்

நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குகிற செயல்முறைகளில் ஓடும் நீர் மிக முக்கியமானதாகும். புவியின் பரப்பில் காணப்படும் நிலத்தோற்றத்தில் சுமார் $\frac{3}{4}$ பங்கு ஓடும் நீரின் செய்கையால் ஏற்பட்டதாகும்.

பள்ளத்தாக்குகளை அமைத்துக்கொண்டு புவியீர்ப்பு விசையினால் கீழ்ச்சரிவை நோக்கி ஓடும் நீரை ஆறு என்கிறோம். பள்ளத்தாக்குகள் ஆற்றின் அரிப்புச் செயலால் ஏற்பட்டவை என்பதை 15ஆம் நூற்றாண்டிலேயே லியோனார்டோ வின்சி (Leonardo da Vinci) என்பவர் கண்டறிந்தார். 19ஆம் நூற்றாண்டில் பிளேஃபர் (Playfair) போன்ற அறிஞர்கள் ஆற்று அரிப்பினால் தோன்றும் பள்ளத்தாக்குகளையும், பிற நிலத்தோற்றங்களையும் ஆராய்ந்தனர்.

நேரிடையாகவோ அல்லது மறைமுகமாகவோ எல்லா ஆறுகளுக்கும் மழை பெய்வதிலிருந்துதான் நீர் கிடைக்கிறது. மழை பெய்து நீர் வழிதலாலும், ஊற்றுக்களிலிருந்து நீர் கசிவதாலும், பனி உருகி நீர் பெருகுவதாலும் ஆறுகள் உற்பத்தியாகின்றன.

நீர் வழிதல் (run off)

ஆறுகள் தோன்றுவதற்கு நீர்வழிதல் மிகவும் அவசியமாகும். மழைநீர் தரையில் வழிந்து செல்லுதலை நீர் வழிதல் (run off) என்கிறோம். ஒவ்வொரு ஆண்டும் நிலத்தை வந்தடையும் 1,50,000 கன கி.மீ. (36,000 கன மைல்) மழைநீரில் 27,160 கன கி.மீ. (6.520 கன மைல்) நீர் மட்டுமே ஆறுகளின் மூலமாக கடலில் கலக்கிறது. மழைநீர் ஆவியாதல், சரிவுகளில் வழிதல், மண்ணில் உறிஞ்சப்படுதல், ஆறுகளில் கலத்தல், ஆகிய பல வழிகளில் பங்கிடப்படுகிறது.

நீர் வழிதலை துரிதப்படுத்தும் காரணிகள் பின்வருமாறு: (1) பெருமழை (2) தாவரமற்ற வெட்டவெளி (3) வன்சரிவுள்ள நிலம் (4) நீர் புகா பாறைகள் (5) உறைபனி மூடிய அல்லது நீர் நிரம்பிய நிலம் (6) மழைப் பிரதேசம்.

உயர் நிலங்களில் மழையளவு அதிகமாக இருப்பதால் கனத்த மழையின்போது மலைச்சரிவுகளில் மெல்லிய மழைவழி நீர் வெள்ளம் (sheet flood) காணப்படுகிறது. இவ் வெள்ளம் பள்ளங்களை நோக்கிச் செல்லும்போது நிலம் மெதுவாக அரிக்கப்பட்டு நீர் வழியும் கோடுகள் பல தோன்றுகின்றன. இவையே நாளடைவில் நீர் அரி பள்ளங்களாகவும் (gulleys) சிற்றோடைகளாகவும் (rills) மாறுகின்றன. சிற்றோடைகள் ஒன்றுசேர்ந்து ஓடைகளாகவும் (streams), ஓடைகள் ஒன்றுசேர்ந்து ஆறுகளாகவும் வளர்ச்சியடைகின்றன. உயர் நிலங்களில் மழை பெய்தவுடன் நீர் வழிதல் துரிதமாக இருப்பதால் சரிவுகளில் நீர் சேகரிக்கப்பட்டு ஆறுகள் தோன்றுகின்றன. வறண்ட பகுதிகளில் மழை அரிதாக பெய்வதாலும், மழைநீரை தரை ஈர்த்துக் கொள்வதாலும் அங்கு நீர் வழிதல் ஏற்படுவதில்லை. அதேபோல் காடுகள் அடர்ந்த பகுதிகளில் மழைநீரின் பெரும்பகுதி தரையிலுள்ள மக்கிய தாவரங்களினால் ஈர்க்கப்படுவதால் அங்கும் நீர்வழிதல் ஏற்படுவதில்லை.

ஆறுகள் உற்பத்தியாகுமிடம்

ஆறுகள் உற்பத்தியாகுமிடங்கள் பல வகைப்படுகின்றன. அவை கங்கைநதி (பாகிரதி)யைப் போல் ஒரு பனிக் குகையிலிருந்தோ, பனி உருகுவதாலோ, அல்லது நர்மதா நதியைப் போல் ஒரு ஊற்றிலிருந்தோ (அமர்காண்டக்), அல்லது சட்லெஜ் நதியைப்போல் ஒரு ஏரியிலிருந்தோ (மானசரோவர் ஏரி) உற்பத்தியாகின்றன. மழையினாலும் பனியினாலும் ஆண்டிற்கு சராசரியாக 100 செ.மீ. (40 அங்குல) நீர் புவியை வந்தடைகிறது. உயர்ந்த அட்சங்களிலும், உயர் மலைப்பகுதிகளிலும் பனிமழைதான் ஆறுகளின் தோற்றத்திற்கு காரணமாயுள்ளது. ஆனால் தாழ்ந்த அட்சங்களில் சாதாரண மழைதான் ஆறுகளின் தோற்றத்திற்கு காரணமாயுள்ளது.

ஆறுகளின் தன்மைகள்

வற்றுத ஆறுகள்

ஆறுகள் யாவும் அமைப்பிலும் பண்பிலும் ஒரே மாதிரியானவை அல்ல. பாறை அமைப்பு, மழை அளவு இவற்றிற்கு ஏற்ப அவை நீண்டதாகவோ அல்லது குறுகியதாகவோ, நிரந்தரமாகவோ அல்லது தற்காலிகமாகவோ காணப்படுகின்றன. ஆண்டு முழுவதும் நீர் நிரம்பி காணப்படும் ஆறுகள் வற்றுத அல்லது நிரந்தர ஆறுகள் (permanent or perennial rivers) எனப்படுகின்றன. இவை பெரும்பாலும் வற்றுத ஏரிகளிலிருந்தும், பனி உருகும் பகுதிகளிலிருந்தும் தோன்றுவதால் இவற்றில்

எப்போதும் நீர் நிறைந்திருக்கிறது. இவ் வகைக்கு சிறந்த உதாரணம் இமயமலையில் தோன்றும் ஆறுகளாகும். சில ஆறுகள் மழை மிகு மண்டலங்களில் தோன்றுவதால் ஆண்டுமுழுவதும் அவற்றில் நீர் நிறைந்து காணப்படுகிறது. சில ஆறுகளின் பள்ளத் தாக்குகள் நில நீரின் மட்டத்திற்கு கீழே இருப்பதால் அவற்றில் எப்போதும் நீர் நிறைந்துள்ளது.

வற்றிப் போகும் ஆறுகள்

பருவகால மழை அல்லது பருவகால பனி மழையுள்ள பகுதிகளில் ஆண்டின் சில மாதங்களில் மட்டுமே மழை பெய்வதால் அச்சமயத்தில் மட்டுமே ஆறுகளில் நீர் நிறைந்து காணப்படும். இவை வற்றிப் போகும் ஆறுகள் அல்லது வறண்ட ஆறுகள் (Intermittent or non perennial) எனப்படுகின்றன. இத்தகைய ஆறுகள் மித வறட்சிப் பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. தக்காண பீடபூமியில் பாயும் ஆறுகள் இவ்வகையைச் சார்ந்தவையாகும். ஊற்றுக்களிலிருந்து தோன்றும் ஆறுகள் நிலநீர் மட்டம் குறையும் போது வற்றிப் போகின்றன.

தற்காலிக ஆறுகள் (அல்லது) சொற்ப கால ஆறுகள்

உள் நாட்டிலுள்ள ஏரிகளில் கலக்கும் ஆறுகள் பல விரைவில் மறைந்து போகின்றன. சில ஆறுகளில் மழை பெய்தவுடன் சிறிது நாட்களுக்கு நீர் காணப்படும். இவை யாவும் விரைவில் மறைந்து விடுகின்றன. இவை தற்காலிக அல்லது சொற்பகால (Ephemeral streams) எனப்படுகின்றன. இவை பனி உருகுவதாலோ அல்லது ஊற்றிலிருந்தோ தோன்றுவதில்லை.

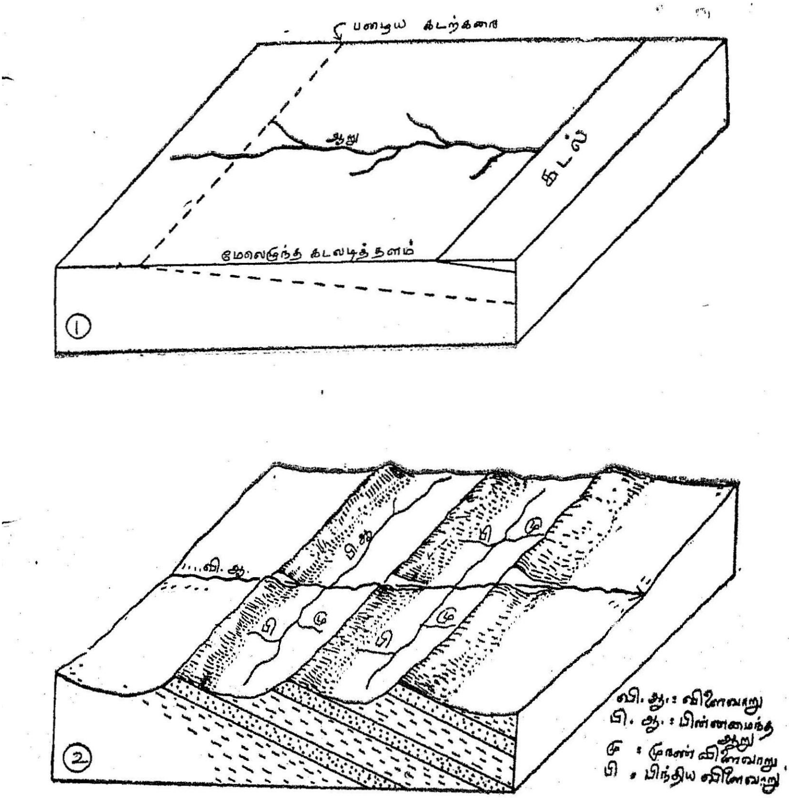
முதன்மை ஆறு

நிலத்தில் முதலிலுள்ள சரிவைப் பொருத்து தம் போக்கை அமைத்துக் கொள்ளும் ஆறுகள் முதன்மை ஆறுகள் (consequent streams) அல்லது விளைவாறுகள் எனப்படும். புவியிலுள்ள ஆறுகள் பெரும்பாலும் இவ்வகையைச் சார்ந்ததாகும் (படம்: 16).

துணை ஆறு

மடிப்புச் சரிவில் முதன்மை ஆறு தோன்றி பாயும்போது அது ஆழமான பள்ளத்தாக்கை ஏற்படுத்துகிறது. மேல் பகுதியில் மிருதுவான அடுக்கு அமைந்திருப்பின் அங்கு முதன்மை ஆற்றின் தலைத்திசை அரிப்பால் (headward erosion) முதன்மை ஆற்றுக்கு செங்கோண திசையில் ஆறுகள் தோன்றுகின்றன. இவை துணை ஆறுகள் (subsequent streams) அல்லது பின்னமைந்த ஆறுகள்

எனப்படும். முதன்மை ஆற்றின் இருபக்கத்திலும் செங்கோண திசையில் வந்து சேரும் இவை தள வெட்டுக்கு (strike) இணையாக அமைந்தவை.



படம் 16. (1) புதிதாக மேலெழுந்த நிலத்தில் முதன்மை ஆறுகள் (விளைவாறுகள்) தோன்றல்.
(2) நிலம் சாய்ந்தபின் துணை ஆறுகள் (பின்னமைந்த ஆறுகள்) தோன்றல்.

எதிர் திசைத் துணை ஆறு

மடிப்புகளில் முதன்மை ஆறுகளும், துணை ஆறுகளும் தோன்றும் போது துணை ஆற்றுக்கு செங்கோணத்தில், முதன்மை ஆற்றுக்கு எதிர்திசையில் ஆறுகள் தோன்றுகின்றன. இவ்வாறு முதன்மை ஆற்றுக்கு எதிர்திசையில் பாயும் ஆறுகளுக்கு எதிர் திசைத் துணையாறுகள் அல்லது முரண் விளைவாறுகள் (obsequent streams) என்று பெயர்.

இணைத் துணை ஆறு

முதன்மை ஆற்றின் திசையிலேயே பாயும் துணையாறுகளுக்கு இணைத் துணையாறுகள் அல்லது பிந்திய விளைவாறுகள் (resequent streams) என்று பெயர். அதாவது துணை ஆற்றின் இரு புறத்திலும் தோன்றும் ஆறுகளில் முதன்மை ஆற்றுக்கு எதிர் திசையில் பாயும் ஆறு எதிர் திசைத் துணை ஆறு என்றும் முதன்மை ஆற்றின் திசையிலேயே பாயும் ஆறு இணைத் துணையாறு என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

இணங்கா ஆறுகள்

கிரானைட் மற்றும் தட்டையான படிவுகள் அமைந்த பகுதிகளில் தோன்றும் ஆறுகள் பாறை அமைப்பினால் பாதிக்கப்படாமல் இருக்கும்போது ஆற்றுவடிகால் மரக்கிளைகள் வடிவத்தில் வளர்ச்சி பெறுகின்றன. இவ்வாறு பாறை அமைப்போடு யாதொரு தொடர்பையும் வெளிப்படுத்தாத ஆறுகளுக்கு இணங்கா ஆறுகள் (insequent streams) என்று பெயர்.

ஆற்றுவடி நிலம் (drainage basin)

ஆற்று வடிநிலம் அல்லது வடிகால் கொப்பரை என்பது முதல் ஆறும் அதன் துணை ஆறுகளும் வடியும் நிலப்பரப்பாகும். ஆற்று வடி நிலங்கள் நீர் பிரி மேட்டினால் (water shed or water divide) பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. நீர் பிரி நிலத்தில் மழை பெய்தவுடன் வழிந்த நீர் ஒன்று சேர்ந்து ஆறுகளும், துணையாறுகளும் தோன்றுகின்றன. நீர் பிரி நிலத்தின் இருபுறமும் சரிவுகள் உள்ளதால் ஆறுகள் நேர்மாறான திசைகளில் இரு சரிவுகளிலும் பாய்ந்து செல்கின்றன.

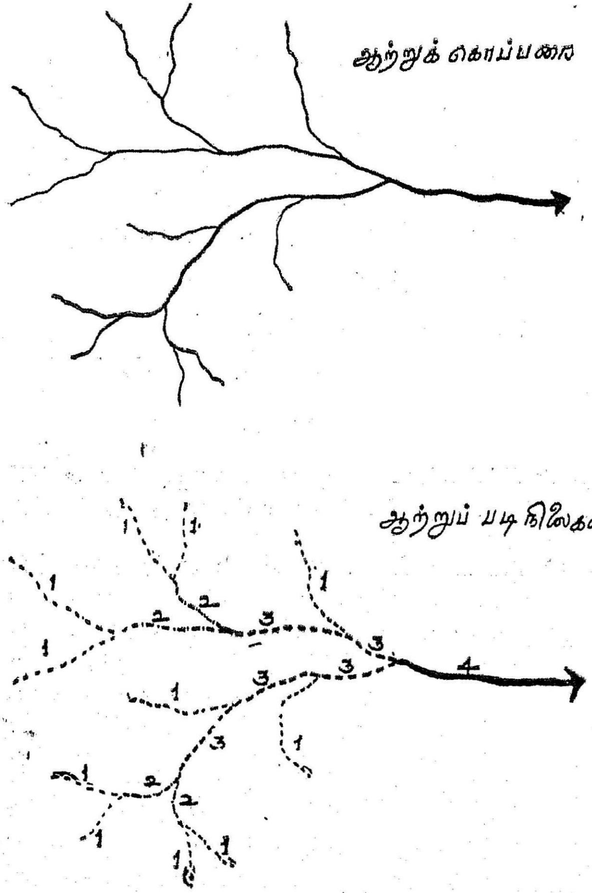
ஆற்றுப்படி நிலை (Stream order)

ஆற்று வடிநில அமைப்பை விவரிப்பதற்காக ஹார்டன் (Horton), ஸ்ட்ராலர் (Strahler) என்பவர்கள் வடிநிலத்திலுள்ள ஆறுகளைப் படிநிலைகளில் தரப்படுத்தியுள்ளனர்.

ஹார்டனின் கருத்துப்படி துணை ஓடைகள் எதுவுமின்றி தனியாக ஆற்றுடன் சேரும் ஓடை முதல் நிலை ஓடை (first order stream) அல்லது முதல் நிலை ஆறு எனப்படும். வடி நிலத்தில் காணப்படும் ஆறுகளில் இதுவே மிகச் சிறியதாகும். இரண்டு முதல்நிலை ஆறுகள் ஒன்று சேருவதால் இரண்டாம் நிலை ஆறுகள் (Second order streams) தோன்றுகின்றன. இதில் முதல் நிலை ஆறுகள் துணையாறுகளாக அமைகின்றன. இரண்டு இரண்டாம் நிலை ஆறுகள் ஒன்று சேருவதால் மூன்றாம் நிலை ஆறு (Third

order stream) தோன்றுகிறது. இவ்வாறு ஆற்றின் தரம் உயர்ந்து கொண்டே போகிறது.

ஆறுகளைப் படி நிலைகளில் பிரித்து அவற்றின் எண்ணிக்கை, நீளம் இவற்றை கணக்கிடுவதன் மூலம் ஆறுகளின் தன்மை, பாறையின் அமைப்பு, வடிநில அமைப்பு ஆகியவற்றை அறியலாம் (படம்: 17). உதாரணமாக முதல் நிலை ஆறுகள்



படம் 17. ஆற்றுப்படி நிலைகள்

எண்ணிக்கையில் அதிகமிருப்பின் அவ்விடத்தில் பாறைகள் நுண்ணிய துகள்களைக் கொண்டதாகவும், ஒத்த பண்புடைய தாகவும் இருக்கும். அதாவது வண்டல், களிமண் போன்ற

நுண்ணிய துகள்களைக் கொண்ட நீர்புகா பாறையுள்ள பகுதியில் முதல்நிலை ஆறுகள் நிறைய காணப்படும்.

படிநிலை அதிகமாகும் போது ஆறுகளின் எண்ணிக்கை குறைகிறது. அதாவது ஒரு வடிநிலத்தில் இரண்டாம் நிலை ஆறுகளின் எண்ணிக்கை முதல்நிலை ஆறுகளின் எண்ணிக்கையை விட குறைவாக இருக்கும். மூன்றும்நிலை ஆறுகளின் எண்ணிக்கை இரண்டாம் நிலை ஆறுகளின் எண்ணிக்கையைவிட குறைவாக இருக்கும்.

ஆற்றின் பணிகள் (work of streams)

சாலிஸ்பரியின் (Salisbury) கூற்றுப்படி ஆறுகளின் முதன்மையான பணி, நிலத்தை கடல் மட்டத்திற்கு அரித்தலாகும். ஆறுகள் நிலத்திலிருந்து நீரைக் கடலுக்கு கொண்டு செல்வதோடு நிலத்தையும் அரிக்கின்றன. ஆறுகள் பொதுவாக மூன்று முக்கிய பணிகளை மேற்கொள்கின்றன. அவை பின்வருமாறு :

(1) நிலத்தை அரித்தல்

(2) அரித்த பொருட்களை கடத்துதல்

(3) கடத்திய பொருள்களைப் படியச்செய்தல்

அரித்தல்

ஆறுகள் கீழ்க்கண்ட முறைகளில் பாறைகளை அரிக்கின்றன. இம் முறைகள் தனித்து இயங்காமல் சேர்ந்தே இயங்குகின்றன.

(1) **இரசாயன அரிப்பு** (corrosion): ஆற்றுநீரின் இரசாயனச் செய்கையால் பாறைகளிலுள்ள தாதுப் பொருள்கள் கரைந்து அல்லது இரசாயன மாற்றமடைந்து சிதைகின்றன. பாறைகள் இவ்வாறு சிதைவடைவது நீரின் தூய்மையையும், பாறைகளின் கரைதிறனையும் பொருத்துள்ளது. உதாரணமாக கார்பன்டை ஆக்ஸைடு கரைந்துள்ள ஆற்றுநீரில் சாக்கு, சுண்ணும்புப் பாறை ஆகியவை எளிதில் கரைகின்றன. ஆனல் காப்ரோ (gabbro), பலகைப்பாறை (slate) போன்றவை சற்றும் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

(2) **நீர்த்தாக்கம்** (Hydraulic action) : புரண்டோடும் ஆற்று நீரின் விசையால் பாறையில் விரிசல்களுள்ள பலவீனப் பகுதிகள் எளிதில் தாக்கப்பட்டு உடைகின்றன. நீரின் இத்தகைய தாக்குதலால் ஆற்றுப்படுகையிலுள்ள கற்குவியல்களும் பாறைகளும் தகர்க்கப்பட்டு கடத்திச் செல்லப்படுகின்றன. இந்த தாக்குதல் விசை வேகமாகப் பாயும் நீருக்கு மட்டுமே உண்டு.

(3) **உட்குடைவு** (cavitation) : ஆற்றுநீர் வெகு வேகமாக பாயும்போது அதிலுள்ள நீர்க்குமிழிகள் உடைந்து நுரை பொங்கு கிறது. நீர்க்குமிழிகள் திடீரென உடைவதால் அதிலிருந்து தோன்றும் அதிர்ச்சி அலைகள் அருகிலுள்ள பாறைகளைத்தாக்கி அவற்றை நொருக்குகின்றன. இதன் விளைவாகப் பாறைகளில் குடைவுகள் (cavities) தோன்றுகின்றன. இச்செய்கைக்கு உட்குடைவாக்கம் என்று பெயர்.

(4) **அரித்துத் தின்னல்** (corrasion) : ஆற்றுநீரால் கடத்தப் படும் பாறைத் துகள்கள் சாணைக் கற்கள் போன்று ஆற்றுப் படுகையையும், பக்கங்களையும் அரிக்கின்றன. பாறைத் துகள்கள் ஆற்றுநீரில் கலந்து ஓடும் போது நீரின் விசைக்கேற்ப அவை படுகையில் உராய்ந்து குடக் குடைவு (pot hole), உருண்ட பாறைகள் (rounded boulders) ஆகியவற்றை உண்டாக்கு கின்றன.

(5) **மோதி உடைத்தல்** (Attrition) : கடத்தப்படும் பாறைகள் ஒன்றோடொன்று மோதுவதால் உடைந்து சிறு கற்களா கின்றன. இவை மேலும் மோதி உராய்வதால் உருண்டைக் கற்களாகின்றன. இத்தகைய மோதலும் உராய்தலும் தொடர்ந்து நடைபெறுவதால் கற்கள் சிறியதாகிக் கொண்டே போய் இறுதியில் மணலாக மாறுகிறது. மோதி உடைத்தலினால் பாறைகள் மணலாவதால்தான் கடத்தும் செயல் துரிதப்படு கிறது.

ஆற்றின் அரிப்புத் தன்மை ஆற்றுநீரின் கன அளவு, வேகம், சுமை ஆகியவற்றைப் பொருத்துள்ளது.

ஆற்றுநீரின் கன அளவு (volume)

நேரிடையாகவோ அல்லது மறைமுகமாகவோ மழையி லிருந்துதான் ஆற்றுக்கு நீர் கிடைக்கிறது. மழைநீர் தரையை அடைந்தவுடன் அதில் ஒரு பங்கு ஆவியாகி விடுகிறது; இன்னொரு பங்கு தரையில் உறிஞ்சப்படுகிறது; மீதமுள்ள பங்கு தரையில் வழிந்து ஆறுகளில் கலக்கிறது. இவ்வழிதலே ஆறுகள் தோன்று வதற்கு காரணமாகும். நீர் வழிதலைத் தவிர ஊற்றுக்களிலிருந்தும் ஆறுகளுக்கு நீர் கிடைக்கிறது. மழைப் பிரதேசங்களில் துணை ஆறுகள் கூடுவதால் கீழ்ச் சரிவுகளில் செல்லச்செல்ல ஆற்று நீரின் கன அளவு அதிகமாகிறது. பருவக்காலத்திற்கு ஏற்பவும் ஆற்று நீரின் கன அளவு மாறுபடுகிறது. குறிப்பாக பருவகாற்று பிரதேசங்களில் ஆறுகள் மழைக் காலத்தில் நீர் பெருக்கெடுத்தும்

வறண்ட காலத்தில் வெறும் மணல் விரிப்பாகவும் காணப்படுகின்றன. சில ஆறுகளில் ஊற்றுநீர் சேருவதாலும், பனி உருகுவதாலும் கன அளவு அதிகரிக்கிறது. இமயமலைகளில் தோன்றும் ஆறுகளில் தென்மேற்கு பருவகாலத்தில் மழையினாலும், மற்ற சமயங்களில் பனி உருகுவதாலும் கன அளவு அதிகரிக்கிறது. வறண்ட பிரதேசங்களில் பாயும் ஆறுகளில் ஆவியாதலினால் நீரின் கன அளவு குறைவாகக் காணப்படுகிறது.

ஆற்றின் வேகம் (velocity)

ஆற்றின் அரிப்புத்தன்மை அதன் வேகத்தைப் பொருத்துள்ளது. புவியீர்ப்பு விசையினால்தான் மேட்டிலிருந்து பள்ளத்திற்கு நீர் ஓடிவருகிறது. ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கின் படுகை, பக்கம் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் உராய்வினாலும், நீர்த்துளிகளுக்கிடையே ஏற்படும் உராய்வினாலும் நீரின் வேகம் தடைபடுகிறது. ஆற்றுப்பள்ளத்தாக்கின் ஒவ்வொரு பகுதியிலும் நீரின் வேகம் மாறுபடுகிறது (படம்: 18). பள்ளத்தாக்குப் படுகையில் உராய்வு மிக அதிகமாகையால் அங்கிருந்து மேலே செல்லச் செல்ல வேகம் அதிகரிக்கிறது. இதேபோல் கரைகளை விட நடுப்பகுதியில் வேகம் அதிகமாக இருக்கிறது. பள்ளத்தாக்கின் மற்ற எல்லாப் பகுதியைக் காட்டிலும் நடுப்பகுதியில் சற்று ஆழத்தில்தான் மிக அதிகமான வேகம் காணப்படுகிறது.

ஆற்றின் வேகம் (1) நீர் வெளியேற்றம் (discharge) (2) பள்ளத்தாக்கு சரிவு (3) சுமை (4) பள்ளத்தாக்கு அமைப்பு ஆகியவற்றைப் பொருத்துள்ளது.

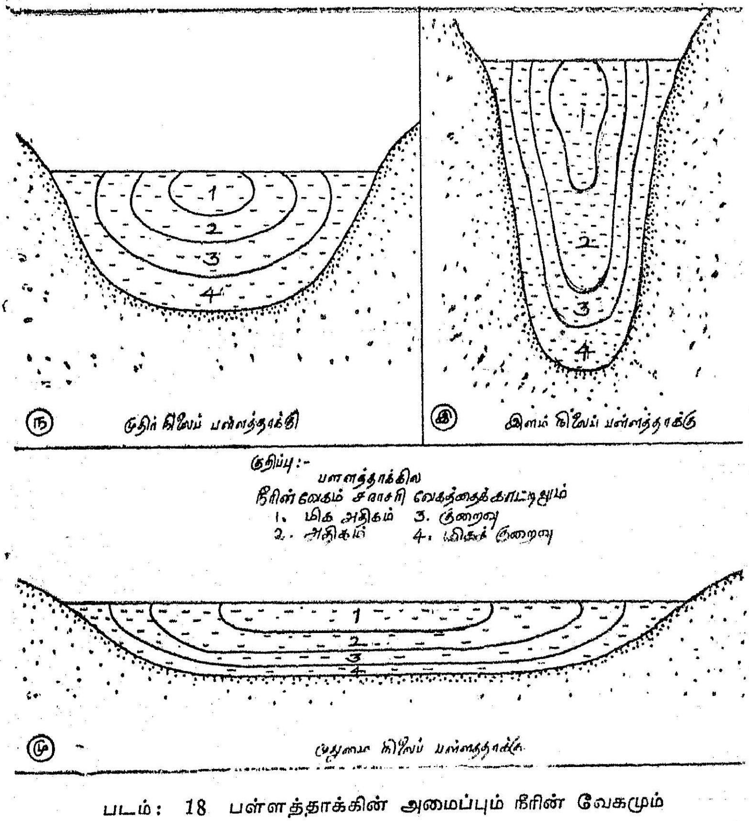
நீர் வெளியேற்றம் என்பது பள்ளத்தாக்கில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஒரு வினாடி நேரத்தில் வெளியேறும் நீரின் கன அளவைக் குறிக்கும். பள்ளத்தாக்கில் ஓரிடத்தின் நீர் வெளியேற்றத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

$$q = a v$$

நீர் வெளியேற்றம் (q) = பள்ளத்தாக்கின் குறுக்குப்பரப்பு (A) × அந்த இடத்தில் நீரின் வேகம் (V)

பள்ளத்தாக்கின் சரிவுக்கு ஏற்ப ஆற்றின் வேகம் அதிகரித்தோ அல்லது குறைந்தோ காணப்படுகிறது. ஆற்றுப் போக்கின் மேல் பகுதியில் சரிவு அதிகமாக இருப்பதால் அங்கு வேகம் அதிகமாகவும் கீழ்ப்பகுதியில் சரிவு குறைவாக இருப்பதால் அங்கு வேகம் குறைந்தும் காணப்படுகிறது. சரிவுக்கும் வேகத்திற்கும்

இடையே உள்ள இந்த தொடர்பு பற்றி சமீபத்தில் கேள்விக் குறிகள் தோன்றியுள்ளன. சமீபத்தில் அமெரிக்க நீரியல் அறிஞர்கள் நடத்திய ஆராய்ச்சியில் ஆற்றின் போக்கு முழுவதும் நீரின் வேகம் மாறுமல் இருப்பது உணரப்பட்டது. சரிவு அதிகமுள்ள உயர்நிலத்தில் வேகம் அதிகமாக இருக்கும் என்பது உண்மையாஞலும் அங்கு பள்ளத்தாக்குகள் மிகவும் குறுகலாக



படம்: 18 பள்ளத்தாக்கின் அமைப்பும் நீரின் வேகமும்

இருப்பதால் உராய்வு ஏற்பட்டு நீரின் வேகம் குறைகிறது. அதே சமயத்தில் தாழ்ந்த நிலத்திலுள்ள பள்ளத்தாக்குகளில் சரிவு குறைவாக இருந்தாலும் அவை அகலமாக இருப்பதால் உராய்வு ஏற்படுவதில்லே. எனவே வேகம் அதிகரிக்கிறது. இவ்வாறு சரிவு குறைவதால் நீரின் வேகத்தில் ஏற்படும் இழப்பு, உராய்வு குறைவிஞல் ஈடுபடுத்தப்பட்டு சரிவு அதிகமுள்ள இடத்து நீரின் வேகத்திற்கு சமமாகிறது.

ஆறு கடத்திச் செல்லும் பாறைத் துகள்களின் சுமையால் ஆற்றின் வேகம் குறைகிறது. இதேபோல் ஆற்று வளைவுகள் அதிகமிருப்பின் அங்கு வேகம் குறைகிறது.

சுமை (load)

நீரின் கன அளவைப் பொருத்தும், வேகத்தைப் பொருத்தும் ஆற்றின் அரிப்புத்திறன் மாறுகிறது. ஆற்றின் அரிப்புச் செயலுக்கு கருவியாக இருப்பது ஆறு கடத்திச் செல்லும் பாறைத் துகள்களாகும். எனவே அரிப்புத் திறன் என்பது பாறைகளைக் கடத்தும் திறனையும், பாறைகளின் அமைப்பையும் பொருத்திருக்கிறது. நீர் வெளியேற்றம் அதிகமாக இருந்தால் பாறைத் துகள்கள் அதிக அளவில் கடத்தப்படுகின்றன. பாறைத்துகள்கள் மிகவும் நுண்ணியதாக இருந்தாலும் அவை எளிதில் கடத்தப்படுகின்றன. இவை யாவும் நீரால் கடத்தப்படும்போது கருவிகள் போன்று நிலத்தை அரித்து ஆற்றின் அரிப்புச் செயலுக்கு துணை புரிகின்றன.

கடத்துதல் (Transportation)

ஆற்றின் பணிகளில் அரிப்புச் செயலுக்கு அடுத்து கடத்துதல் முக்கியமானதாகும். பாறைத்துகள்கள் கடத்தப்படுவதால் அரிப்புச் செயல் துரிதப்படுகிறது என்பதை முந்திய பகுதியில் பார்த்தோம். வானிலைச் சிதைவு, மழைநீர் வழிதல் ஆகிய வற்றுல் வடிநிலச் சரிவுகளில் சிதைந்த பாறைகளும், படுகை அரிக்கப்பட்டு தோன்றிய துகள்களும் பெருமளவிற்கு ஆற்றுநீரால் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு கடத்தப்படுகின்றன. இவ்வாறு கடத்தப்படும் பாறைத்துகள்கள் இறுதியில் நுண்ணிய படிவுகளாகி கடலில் கலக்கின்றன. புவியில் 105 மில்லியன் சதுர கி.மீ. பரப்பு கொண்ட ஆற்று வடிநிலங்களின் மொத்த பரப்பிலிருந்து ஆண்டிற்குச் சுமார் 8,000 மில்லியன் டன் பாறைத் துகள்கள் கடலுக்குக் கடத்தப்படுகின்றன என்று கணக்கிட்டுள்ளனர். இதன்படி இன்னும் 30,000 ஆண்டுகளில் தரை ஒரு மீட்டர் ஆழத்திற்கு அரிக்கப்பட்டுவிடும்.

ஆற்றில் கலந்துள்ள மணல், கூழாங்கற்கள், வண்டல், களி மண் ஆகியவை பல்வேறு முறைகளில் ஆற்றுநீரால் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு கடத்தப்படுகின்றன. அவை பின் வருமாறு :

(1) கரைதல் (solution)

(2) தொங்குநிலை (suspension)

(3) தாவுதல் (saltation)

(4) இழுத்துச் செல்லல் (traction)

கரைதல் : நீருடன் கிரியை செய்யும் பாறைகள் ஆற்றின் போக்கில் காணப்பட்டால் அவை இரசாயன மாற்றமடைந்து அவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் பொருள்கள் நீரில் கரைந்து கரைசலாக கடத்தப்படுகின்றன. இப்பொருள்கள் நீரில் கரைந்திருப்பதால் அவை கண்ணுக்குப் புலப்படுவதில்லை. கரைதல் முறையில் கடத்தப்படும் பொருள்களின் அளவு பாறைகளின் கரைதிறனைப் பொருத்துள்ளது. உதாரணமாக சாக்கும், சுண்ணும்புப் பாறையும் நீரில் எளிதில் கரைகின்றன. எனவே இத்தகைய பாறைகளுள்ள பகுதிகளில் பாயும் ஆறுகளில் சுண்ணும்பு கரைசல் பெருமளவுக்கு காணப்படுகிறது. கரைதல் மூலம் பொருள்கள் கடத்தப்படுவதற்கு நீர் விசையுடன் இருக்க வேண்டுவதில்லை. ஆனல் மற்ற முறையில் நீர் விசையுடன் இருத்தல் அவசியமாகும். மிசிசிபி நதி ஒரு ஆண்டுக்கு சுமார் 136 மில்லியன் டன் பொருள்களை கரைதல் முறையில் கடத்துகிறது.

தொங்கு நிலை : ஆறு கடத்தும் பொருள்களில் பெரும் பகுதி தொங்கு நிலையிலேயே கடத்தப்படுகிறது. நுண்ணிய பாறைத் துகள்கள் நீரின் விசையால் தூக்கப்படுவதால் அவை தொங்கு நிலையில் கடத்தப்படுகின்றன. இம் முறையில் பொருள்கள் கடத்தப்படுவதற்கு ஆற்றில் சுழன்று எழுகிற கொந்தளிப்பு இருக்கவேண்டும். அப்போதுதான் பொருள்கள் கீழிருந்து மேலாகத் தூக்கிச் செல்லப்படும். இல்லையெனில் அவை ஆற்றின் அடித்தளத்திலேயே படிந்துவிடும். தொங்கு நிலையில் கடத்தப்படும் பொருள்களில் வண்டல், களிமண், ஆகியவை முக்கியமானவையாகும். நீர் வெளியேற்றம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க தொங்கு நிலையில் கடத்தப்படும் பொருள்களின் அளவும் அதிகரிக்கிறது. மிசிசிபி வடிநிலத்தில் கடத்தப்படும் பொருள்களின் மொத்த அளவில் 23 சதவீதம் கரைதல் முறையிலும் 77 சதவீதம் தொங்கு நிலையிலும் கடத்தப்படுகின்றன.

தாவுதல் : தொங்கு நிலையில் கடத்த முடியாத சில பருப் பொருள்கள் (coarse materials) ஆற்றின் அடித்தளத்தில் தாவியும் குதித்தும் செல்கின்றன. இவ்வாறு கடத்தப்படுவதை தாவுதல் (saltation) என்கிறோம். இம் முறையில் கூழாங்கற்கள், மணல் போன்றவை நீரின் விசையால் தூக்கப்பட்டு சிறிது தூரத்திற்கு சென்று மீண்டும் படிகின்றன. இது மாறி மாறி நடைபெறுவ

தால் பொருள்கள் ஓரிடத்திலிருந்து மற்ெருரு இடத்திற்கு கடத்தப்படுகின்றன.

இழுத்துச் செல்லல்: ஆற்றின் படுகையைவிட்டு தூக்க முடியாத கனம் கொண்ட பெரும் பாறைகள், கூழாங்கற்கள், மணல் துகள்கள் ஆகியவை நீரின் விசையால் படுகையிலேயே உருண்டும் தள்ளப்பட்டும் செல்கின்றன. இவ்வாறு கடத்தப்படும் முறைக்கு இழுத்துச்செல்லல் (traction) என்பது பெயர். இவ்வாறு கடத்தப்படுதல் நீரின் விசையையும் நிலத்தின் சரிவையும் பொருத்துள்ளது. தாவுதலிலும், இழுத்துச் செல்லலிலும், கடத்தப்படும் பொருள்களின் அளவு தொங்கு நிலையில் கடத்தப் படும் பொருள்களின் அளவைவிட மிகக் குறைவாகும்.

ஆற்றின் கடத்தும் திறன்

ஆற்றின் கடத்தும் திறனை பாதிக்கிற காரணிகளில் முக்கிய மானவை: (1) கடத்தப்படும் துகள்களின் அளவு (size), (2) ஆற்றின் வேகம் (velocity) ஆகியவையாகும்.

துகள்கள் நுண்ணியதாக இருப்பின் அவை தொங்கு நிலையில் எளிதாகக் கடத்தப்படுகின்றன. அவை கடநதப்படும் வேகமும் அதிகமாக உள்ளது. கடத்தப்படும் பொருள்கள் கனமுள்ளதாக இருந்தால் அவை தாவுதல் அல்லது இழுத்துச் செல்லல் முறையில் கடத்தப்படுகின்றன. எனவே அவை கடத்தப்படும் வேகம் குறைவாகும். ஆற்றின் வேகத்தைப் பொருத்தும் பொருள்கள் வேகமாகவோ அல்லது மெதுவாகவோ கடத்தப்படுகின்றன. நிலத்தின் சரிவு, பள்ளத்தாக்கின் அமைப்பு, நீரின் கன அளவு ஆகியவை ஆற்றின் வேகத்தை பாதிக்கிற காரணிகளாகும். ஆற்றின் கடத்தும் திறனை நிர்ணயிக்க அறிஞர்கள் பல சோதனை களைச் செய்தனர். கில்பர்ட் (Gilbert) கருத்துப்படி ஆற்றின் வேகம் இருமடங்கானல் ஆற்றுக்கு அதன் அடித்தளத்திலுள்ள (படுகையிலுள்ள) பொருள்களைக் கடத்தும் திறன் 16 மடங்காக உயரும்.

படிதல் (Deposition)

ஆற்றின் படிதல் அரிப்புச் செயலோடு தொடர்பு கொண்ட தாகும். அரிக்கப்பட்ட பொருள்கள் கடத்தப்பட்டு அவ்வப் போது படிகின்றன. கடத்துதலை ஊக்குவிக்கிற விசை குறையும் போது படிதல் ஏற்படுகிறது. எனவே நிலத்தின் சரிவு, நீரின் கன அளவு, வேகம் இவற்றில் எது குறைந்தாலும் ஆற்றின் கடத்தும் திறன் குறைந்து படிதல் ஏற்படுகிறது. ஆறு

தொடங்கும் இடத்திலிருந்து கடலில் சேரும் வரை பள்ளத் தாக்கின் ஒவ்வொரு பகுதியிலும் படிதல் செயல் காணப்படுகிறது. ஆறு கடலில் சேருமிடத்தில் ஆற்றுப் படிவுகள் நிலத்திலும் நீரிலும் காணப்படுகின்றன. படிதலின் அளவும் நிரந்தரத் தன்மையும் நீரின் கன அளவு, வேகம் அகியவற்றிற்கு ஏற்ப இடத்திற்கு இடம் மாறுபடுகிறது.

படிதல் ஏற்படுவதற்கான காரணங்கள்

ஆற்றின் கடத்தும் திறன் குறைவதாலும், அதிகப்படியான சுமை கூடுவதாலும் எல்லாப் பொருட்களையும் கடத்த முடியாமல் ஆறு ஒரு பகுதியைப் படியச் செய்கிறது. படிதல் ஏற்படுவதற்கான காரணங்களை இனிபார்ப்போம்.

(1) ஆறு மலையிலிருந்து சமவெளியை அடையும்போது நிலத்தின் சரிவு திடீரென குறைந்து விடுவதால் ஆற்றின் வேகம் குறைந்து மலையடிவாரத்தில் படிதல் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு சரிவு குறைவது பள்ளத்தாக்கின் சீரற்ற தன்மையினாலும், நில அசைவினாலும் ஏற்படலாம்.

(2) ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கு திடீரென அகலப்படும்போது வேகம் குறைவதால் கடத்தும் திறன் குறைந்து படிதல் ஏற்படுகிறது. இரண்டு பள்ளத்தாக்குகள் இணையும்போதும், வெள்ளத்தின் போதும் பள்ளத்தாக்கின் அகலம் அதிகமாகிறது.

(3) புரண்டோடும் ஆற்றுநீர் திடீரென அமைதியான அசைவற்ற ஏரி, உப்பங்கழி, கடல்போன்ற நீர் பகுதியோடு கலக்கும் போது நீரோட்டம் திடீரெனக் குறைந்து படிதல் ஏற்படுகிறது. வண்டல் படிவுகளைக் கடத்திக் கொண்டுவரும் ஆறு ஏரிகளைக் கடக்கும்போது அதன் சுமையில் பெரும் பகுதியை அங்கு படியச் செய்கிறது. கனமான படிவுகள் முதலிலும், தொங்கு நிலையில் கடத்தப்படும் நுண்ணிய படிவுகள் பிறகும் படிகின்றன. எனவே ஏரியைக் கடந்த பிறகு ஆற்றின் சுமை குறைகிறது. அதனால் தான் ஈரி (Erie) ஏரியைக் கடந்தபிறகு நயகரா (Nayakara) நதியில் படிவுகள் காணப்படுவதில்லை. ஜீலம் நதி ஸ்ரீ நகரைக் கடந்தபிறகு உளார் (Wular) ஏரியில் பாய்கிறது. அது கடத்தி வரும் வண்டலில் பெரும் பகுதி அந்த ஏரியில் படிந்து விடுவதால் அங்கிருந்து தொடரும் அந்த நதியில் நுண்ணிய படிவுகள் மட்டுமே காணப்படுகின்றன.

(4) பள்ளத்தாக்கின் குறுக்கே அமைந்த சில தடைகளினால் ஆற்றின் வேகம் குறைகிறது. துணை ஆறுகள் கொண்டுவந்த

படிவுகள், நிலம் சரிந்து விழுந்த பாறைகள், வெளிவந்து உறைந்த லாவா, மரத்துண்டுகள் ஆகியவற்ருல் ஆற்றின் போக்கில் தடை ஏற்பட்டு படிதல் ஏற்படுகிறது.

(5) கால நிலே வேறுபாட்டால் மழை அளவு குறைவதாலும், நீர் வழிதல் குறைவதாலும், ஆவியாவதாலும் ஆற்றுக் கவர்வி ஞலும் (stream piracy) நீரின் கன அளவு குறைந்து படிதல் ஏற்படுகிறது.

(6) மழைப் பிரதேசத்திலிருந்து வந்த ஆறு வறண்ட பிரதேசத்தில் பாயும்போது நீரின் கன அளவு குறைகிறது. கன அளவு குறையும் எல்லேயில் படிதல் காணப்படுகிறது.

(7) அதிகப்படியான சுமை கூடுவதாலும் ஆற்றின் கடத்தும் திறன் குறைந்து படிதல் ஏற்படுகிறது. பனியாற்றுப் படிவுகள் சேர்வதாலும் தாவரங்கள் நீங்கிய நிலத்தில் அரிப்பு அதிகரிப்ப தாலும், மனிதனுடைய செய்கையிஞலும் ஆற்றில் சுமை கூடுகிறது.

மேற்கண்ட காரணங்களிஞல் ஆற்றில் படிதல் ஏற்படும் போது துகள்கள் அவற்றின் அளவுக்கு ஏற்ப ஒன்றன்பின் ஒன்ருய் படிகின்றன. கடத்தப்படும் பொருட்களில் முதலில் படிவது பெரும் பாறைகளாகும். பின்பு படிவது கூழாங்கற்கள், சரளேக் கற்கள். இறுதியாகப் படிவது மணல், வண்டல், சேறு ஆகியவை யாகும். ஆஞல் சரிவுகளில் மாறுதல் ஏற்படும்போதும், அணேகள் குறுக்கிடும்போதும் இந்த அமைப்பு மாறுபடுகிறது. ஆற்றின் இடையில் ஏரி குறுக்கிட்டால் அதில் ஏற்படும் படிவுகள் அளவின் படி பிரிக்கப்படுகின்றன. பருத்த பொருள்கள் ஏரிக்கரையிலும், நுண்ணிய சேற்றுப் படிவுகள் கரைக்கு அப்பாலும் கடத்திச் செல்லப்பட்டு படிகின்றன. ஆற்றின் பிற்பகுதியில் படிதல் செயல் மட்டுமே அதிகமாகக் காணப்பட்டாலும் ஆங்காங்கே அரிப்பும் படிதலும் மாறி மாறி காணப்படுகின்றன.

ஆற்று அரிப்பிஞல் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்

பள்ளத்தாக்கு

ஆற்று அரிப்பிஞல் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்களில் பள்ளத் தாக்குகள் மிக முக்கியமானவையாகும். புவி மேற்பரப்பில் ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்குகள் இல்லாத பகுதியே இல்லேயென்லாம். அரிப்பிஞல் தோன்றும் இப்பள்ளத்தாக்குகள் ஆழத்திலும் அமைப் பிலும் பலவாருகக் காணப்படுகின்றன. பள்ளத்தாக்குகளின் வளர்ச்சியில் பொதுவாக மூவித செயல்முறைகள் காணப்படு

கின்றன. அவை பின்வருமாறு : (1) ஆழமாதல் (2) அகலமாதல் (3) நீளமாதல்.

பள்ளத்தாக்குகள் ஆழமாவதற்கு ஆற்றுநீரின் செங்குத்து அரிப்பு (vertical erosion) காரணமாயுள்ளது. ஆற்றில் ஏற்படும் நீர்த்தேக்கம், அரித்துதின்னல், உட்குடைவு, கரைதல், வானிலைச் சிதைவு ஆகியவற்றால் செங்குத்து அரிப்பு ஏற்பட்டு ஆற்றின் அடித்தளம் ஆழப்படுகிறது. பள்ளத்தாக்குகள் அகலமாவதற்கு பக்க அரிப்பு (lateral erosion) காரணமாயுள்ளது. பள்ளத் தாக்கில் நீரோட்டம் பக்கங்களில் அலைவதால் அதில் கலந் திருக்கும் பாறைத்துகள்கள் இரு கரைகளையும் அரித்து பள்ளத் தாக்கை அகலப்படுத்துகின்றன. மேலும் மழைநீர் பள்ளத் தாக்கின் சரிவுகளில் வழிவதாலும், அரிபள்ளங்கள் தோன்றுவ தாலும், வானிலைச் சிதைவினாலும் பள்ளத்தாக்கின் பக்கங்களில் அரிப்பு ஏற்பட்டு அது அகலப்படுகிறது. சில சமயங்களில் துணை ஆறுகள் சேருவதாலும் பள்ளத்தாக்கு அகலமாகிறது. ஆற்றின் அரிப்பினால் பள்ளத்தாக்குகளின் ஆழமும் அகலமும் அதிகரிப்பது போலவே அதன் நீளமும் அதிகரிக்கிறது. நீளம் அதிகரிப்பதற்கு ஆற்றின் தலைத்திசை (head ward) அரிப்பு காரணமாகும். நீர் அரி பள்ளங்களின் முனைகளில் மழைநீர் வழிவதாலும் வானிலைச் சிதைவினாலும், மண் சரிந்து குவிதலினாலும் தலைத் திசை அரிப்பு ஏற்படுகிறது. சில சமயம் தலைத்திசையிலுள்ள ஊற்றுநீரின் அரிப்பால் பள்ளத்தாக்குகளின் நீளம் அதிகரிக்கிறது. தலைத்திசை அரிப்பைத் தவிர ஆறுகள் வளைந்து செல்வதாலும் அவற்றின் நீளம் அதிகரிக்கிறது.

செங்குத்து அரிப்பும், பக்க அரிப்பும் பள்ளத்தாக்கின் குறுக்குத் தோற்றத்தை (cross profile) பாதிக்கின்றன. குறுக்குத் தோற்றத்தில் மலையிடுக்கு, கல்நாற்காலி, ஆற்றுத்திடல் போன்ற நிலத்தோற்றங்கள் காணப்படுகின்றன. இவை செங்குத்து அரிப் பிலும், பக்க அரிப்பினாலும், தோன்றுபவையாகும். பள்ளத் தாக்கின் நீளம் அதிகரிப்பதால் அதன் நெடுக்குத் தோற்றம் (long profile) பாதிக்கப்படுகிறது. நீள் தோற்றத்தில் குடக் குடைவு, நீர் வீழ்ச்சி, சரிவு மாறும் முனைப் போன்ற நிலத்தோற் றங்கள் காணப்படுகின்றன.

அடி மட்டம் (base level)

கடல் மட்டத்திலிருந்து உயரே செல்லச்செல்ல நீரின் விசை அதிகரிக்கிறது. எனவே கடல் மட்டத்திலிருந்து மிக உயர்ந்து

பகுதியிலுள்ள பள்ளத்தாக்குகளில் செங்குத்து அரிப்பு காணப் படுகிறது. ஆனால் கடல் மட்டத்தை அடைந்தவுடன் நீரின் விசை குறைவதால் அங்கு செங்குத்து அரிப்பு முற்றிலும் நின்று போகிறது. எனவே உயர்ந்த நிலத்திலிருந்து கடலைச் சேரும் போது ஆறுகளின் பள்ளத்தாக்குகள் ஒரு எல்லைவரைதான் ஆழப்படுகின்றன. அதாவது கடல் மட்டம் வரைதான் பள்ளத்தாக்குகள் ஆழப்படுகின்றன. பள்ளத்தாக்குகள் அந்த மட்டத்தை அடைந்தவுடன் ஆழப்படுதல் நின்றுபோகிறது. இக் கடல் மட்டமே அரிப்பின் அடி மட்டம் (base level of erosion) எனப்படுகிறது. எனவே ஆற்றின் அரிப்புச் செயல் அடி மட்டத்தி லிருந்து (base level) தொடங்குகிறது எனலாம். உள்நாட்டில் செல்லச்செல்ல கடலிலிருந்து உயரம் அதிகரிப்பதால் தலைத் திசையில் அரிப்பு அதிகரிக்கிறது.

கடலின் மட்டம் உயர்ந்தாலோ அல்லது தாழ்ந்தாலோ அரிப்பின் அடி மட்டமும் உயர்ந்து தாழ்கிறது. கடல் மட்டத் திற்கு அரிக்கப்பட்ட பள்ளத்தாக்கின் அடித்தளத்தை அடிமட்ட மடைந்த (base levelled) தளம் என்கிறோம்.

அடி மட்டம் மூன்று வகைப்படும். அவை பின்வருமாறு :

(1) இறுதி அடி மட்டம் (ultimate base level)

(2) வட்டார அடி மட்டம் (local base level)

(3) தற்காலிக அடி மட்டம் (temporary base level)

ஆறுகள் கடலில் கலக்கும் போது ஆற்றுநீர் மட்டத்திற்கும், கடல்நீர் மட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு முற்றிலும் குறைந்து விடுகிறது. எனவே ஆறுகள் அரிக்கும் திறனை இழந்து விடுகின்றன. இது இறுதி அடி மட்டம் (ultimate base level) எனப்படும்.

கடலைத்தவிர ஏரி, குளம் போன்றவற்றில் ஆறு கலக்கும் போது இவற்றின் நீர் மட்டமே ஆற்றின் அரிப்பு மட்டமாக விளங்குகிறது. இதே போல் ஆற்றின் போக்கில் நீர்வீழ்ச்சி, சாய்வு மாறும் முனை (knick point) ஆகியவை குறுக்கிட்டால் அவற்றின் மட்டமே ஆற்றின் அடி மட்டமாக, விளங்குகிறது. கடல் மட்டத்தைத் தவிர நிலப்பகுதியில் காணப்படும் இத்தகைய மட்டங்கள் வட்டார அடி மட்டங்கள் (local base levels) எனப் படுகின்றன.

வட்டார அடி மட்டம் ஆறு புத்துயிர்ப்பு (rejuvenation) பெற்ற தனுல் அரிக்கப்பட்டு மறைவதுண்டு. நீர் வீழ்ச்சி, ஏரி ஆகியவை இவ்வாறு மறைகின்றன. இவ்வாறு மறைந்து போகும் அடி மட்டம் தற்காலிக அடி மட்டம் (temporary base level)எனப்படும்.

ஆற்றின் மூன்று நிலேகள்

ஆற்றின் பள்ளத்தாக்கை அது உற்பத்தியாகும் இடத்தி லிருந்து அதன் முகத்துவாரம் வரையில் மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை (1) இளம் நிலேப் பகுதி (2) முதிர் நிலேப் பகுதி (3) முது நிலேப் பகுதி என்பனவாகும். கடலிலிருந்து புதி தாக மேலெழுந்த நிலத்தில் தோன்றும் ஆற்றில் எவ்வித தடையும் ஏற்படவில்லேயெனில் ஆற்றின் ஒவ்வொரு பகுதியும் பொதுவாக இந்த மூன்று நிலேகளேயும் கடந்து செல்லுகிறது. இது அரிப்பு சக்கரம் எனப்படும். இதனேப் பின்னுல் பார்ப்போம்.

இளம் நிலேப் பகுதி

ஆறு தோன்றுகிற இடத்தில் பள்ளத்தாக்கு இளமை நிலேயில் காணப்படுகிறது. பள்ளத்தாக்கு சரிவுமிகுந்தும் கரடுமுரடாகவும், நீர் பெருக்கெடுத்து ஓடுவதாகவும் உள்ளது. முகத்துவாரத் திலிருந்து வெகு தொலேவிலும், வெகு உயரத்திலும் அமைந் திருப்பதால் இங்கு செங்குத்து அல்லது கீழ்நோக்கி அரித்தல் தீவிரமாகக் காணப்படுகிறது. இதன் விளேவாக இங்கு பள்ளத் தாக்குகள் ஆழமாகவும் 'V' வடிவம் கொண்டதாகவும் காணப் படுகின்றன. பள்ளத்தாக்கின் சரிவு செங்குத்தாகவும், குறுக லாகவும் அமைந்துள்ளது. இங்கு அரிப்புச் செயலே முக்கிய பணியாகும்.

முதிர் நிலேப் பகுதி

ஆற்றின் இடைப் பகுதி முதிர் நிலேயில் உள்ளது. இப் பகுதி ஆற்றின் மேல் பகுதியையும் கீழ்ப் பகுதியையும் இணேக் கிறது. இங்கு செங்குத்து அரிப்பைக் காட்டிலும் பக்க அரிப்பு தீவிரமாக உள்ளது. எனவே ஆற்றின் கரைகள் அரிக்கப்பட்டு பள்ளத்தாக்கு அகலப்படுகிறது. இங்கு பள்ளத்தாக்கின் பக்கங்கள் மென் சரிவுடன் அகன்ற 'V' உருவத்தில் காணப்படுகின்றன. பள்ளத்தாக்கின் படுகையிலுள்ள கரடுமுரடான நிலப்பகுதிகள் அரிக்கப்பட்டு மறைகின்றன. பள்ளத்தாக்கின் சரிவு குறை கிறது. அரிக்கப்பட்டு சேர்ந்த பொருள்களே வேறு இடத்திற்கு கடத்துவதே இங்கு முக்கிய பணியாகும்.

முதுமை நிலைப் பகுதி

முகத்துவாரத்திற்கு அருகிலுள்ள பள்ளத்தாக்கின் பகுதி முதுமை நிலையில் உள்ளது. இங்கு சரிவு குறைவதால் நீரின் வேகம் குறைகிறது. முதுமை நிலையில் ஆறு வலிமையை இழந்துவிடுவதால் அரித்த பொருள்களைக் கடத்துவதற்குக் கூட சக்தி இல்லாமல் அவற்றைப் படியச் செய்கிறது. இங்கு பள்ளத் தாக்குச் சரிவே இல்லாமல் ஏறத்தாழ சமநிலமாகக் காட்சியளிக் கிறது. இங்கு ஆறுகள் அரிப்புச் சக்கரத்தின் இறுதிக் கட்டத்தை அடைகின்றன. சரிவு குறைவானதால் நீரின் வேகம் குறைந்து கடத்தும் திறனும் குறைகிறது; எனவே இங்கு படிதல் மிகுதியாக ஏற்படுகிறது.

மலையிடுக்கு

மலை இடுக்குகள் (gorges) அல்லது குறுகிய பள்ளத்தாக்குகள் (canyons) ஆற்றின் இளமைப் பகுதியில் காணப்படுகின்றன. இளமைப் பகுதியில் கீழ் நோக்கி அரித்தல் (செங்குத்து அரிப்பு) தீவிரமாகவும், துரிதமாகவும் இருப்பதால் பள்ளத்தாக்கின் ஆழம் அகலத்தை விட பன்மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது. அதனால் பள்ளத்தாக்கின் சுவர்கள் செங்குத்தாகவும், குறுகலாகவும் காணப்படுகின்றன. மேலும் வானிலைச் சிதைவினால் பள்ளத் தாக்கின் பக்கங்கள் அரிக்கப்படும் வேகத்தைக் காட்டிலும் கீழ் நோக்கி அரித்தலின் வேகம் அதிகரிக்கும் போது குறுகலான பள்ளத்தாக்குகள் தோன்றுகின்றன. பொதுவாக வானிலைச் சிதைவினால் பள்ளத்தாக்கின் சுவர்கள் சிதைவடையாமல் இருக்கும் பகுதியிலேயே மலையிடுக்குகள் தோன்றுகின்றன. எனவே குவார்ட்சைட் போன்ற கடினப் பாறைகள் உள்ள பகுதி களில் இவை காணப்படுகின்றன. மழை குறைவாக உள்ள வறண்ட பகுதிகளில் வழிநீர் அரிப்பு குறைவாதலால் பள்ளத் தாக்கின் பக்கங்கள் அரிக்கப்படுவதில்லை. எனவே பள்ளத் தாக்குகள் குறுகலாகவும் ஆழமாகவும் உள்ளன. சில சமயம் ஆற்றைச் சுற்றியுள்ள நிலப்பகுதி மேலெழும் போது (up lift) பள்ளத்தாக்கு ஆழமாகிறது. காஷ்மீரில் சிந்து நதி, அஸ்ஸாமில் பிரம்மபுத்திரா, கங்கையின் சில துணை ஆறுகள் இத்தகைய பள்ளத்தாக்குகளைக் கொண்டுள்ளன. மேற்குத் தொடர்ச்சி மலையின் விளிம்பில் மஹாபலீஸ்வர் சிகரத்தின் வடகிழக்கில் பாயும் கிருஷ்ணா நதியின் தலைத்திசையில் மலையிடுக்குகள் சிறப்பாகக் காணப்படுகின்றன. இங்குள்ள கிடையான அடுக்குகளைக் கொண்ட பசால்ட் பாறைகளில் ஆற்றின் அரிப்பினால் சுமார் 2000 அடி வரை ஆழம் கொண்ட குறுகிய பள்ளத்தாக்குகள்

தோன்றியுள்ளன. இதே போல் சிரபுஞ்சி பீடபூமியைச் சுற்றி யுள்ள ஆறுகளின் பள்ளத்தாக்குகளும் குறுகலாக உள்ளன. வறண்ட பாலைவனங்களில் வற்றுத நதிகள் பாயும் பகுதிகளில் குறுகிய ஆழமான பள்ளத்தாக்குகள் தோன்றுகின்றன. அமெ ரிக்காவில் கொலராடோ நதி, யெல்லோஸ்டோன் (yellow stone) நதி ஆகியவை வறண்ட நிலத்தில் குறுகிய பள்ளத்தாக்குகளை அமைத்துக் கொண்டுள்ளன.

நீர் வீழ்ச்சி

ஆற்றின் இளமைப் பகுதியில் காணப்படும் நிலத்தோற்றங் களில் நீர் வீழ்ச்சி முக்கியமானதாகும். ஒரு சில நீர் வீழ்ச்சி வகை களைத் தவிர மற்றவையாவும் ஆற்றின் அரிப்பினுல் தோன்று பவையே. நீர்வீழ்ச்சி தோன்றுவதற்கான காரணங்கள் பின் வருமாறு :

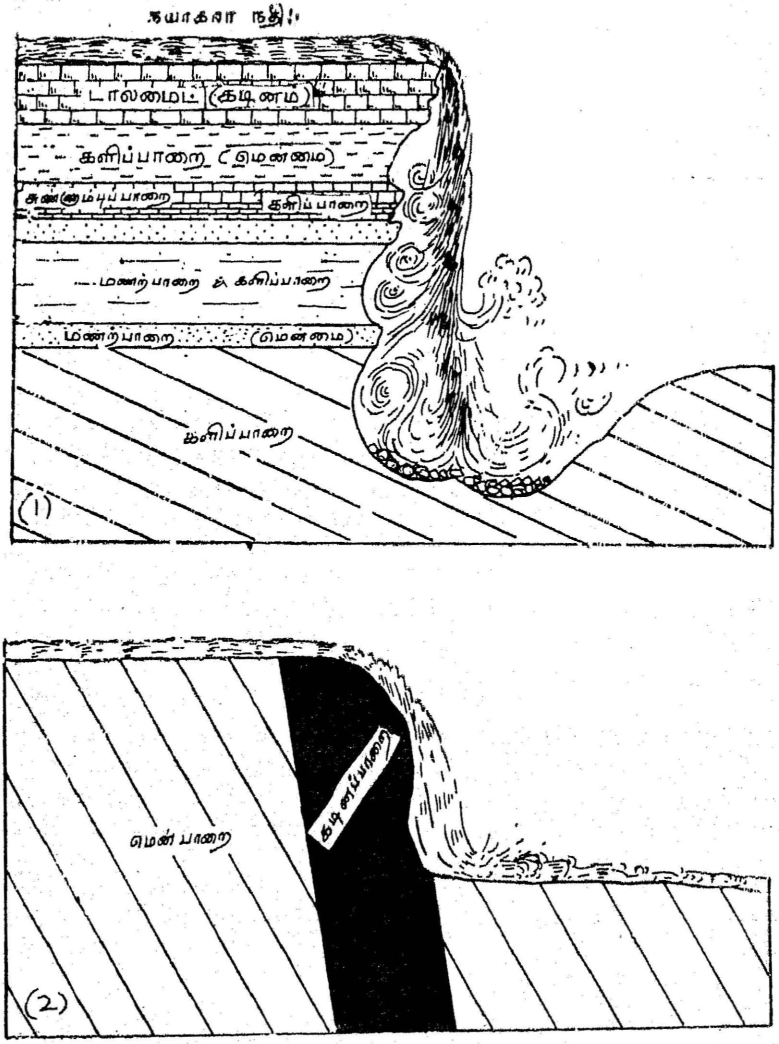
(1) ஆற்றின் குறுக்கே பாறைத்திட்டு (rock bar) காணப் பட்டால் நீரோட்டம் தடைபட்டு சிறிய நீர் வீழ்ச்சிகள் தோன்று கின்றன. இவை பாறைத்திட்டு நீர் வீழ்ச்சிகள் (rock bar falls) எனப்படும். நைல் நதியில் இத்தகைய நீர் வீழ்ச்சிகள் உள்ளன.

(2) ஆற்றின் படுகையில் டாலமைட், சுண்ணும்புப்பாறை போன்ற சற்று கடினமான பாறைகள் மேல் அடுக்கிலும், மாக்கல் (shale) மணற்பாறை போன்ற சற்று மென்மையான பாறைகள் கீழ் அடுக்கிலும் கிடையாக அமைந்திருந்தால் கீழ் அடுக்கிலுள்ள பாறை நீர் சுழலினுல் (eddy) விரைவில் அரிக்கப்படுகிறது. எனவே ஆற்றின் நீளவாக்கில் மட்ட வேறுபாடு ஏற்பட்டு நீர் வீழ்ச்சி தோன்றுகிறது. இத்தகைய நீர் வீழ்ச்சி கடினப்பாறை விரிப்பு நீர் வீழ்ச்சி (cap rock falls) எனப்படும் (படம் : 19). நயகரா நீர் வீழ்ச்சி இதற்கு சிறந்த உதாரணமாகும்.

(3) மென்மையான பாறையினுள் ஒரு கடினப் பாறைச் சுவர் செங்குத்தாக புதைந்திருக்குமானுல் அந் நிலத்தில் பாயும் ஆறு கீழ்ச்சரிவிலுள்ள மென்மையான பாறைப் பகுதியை எளிதில் அரித்துவிடும். அப்போது கடினப் பாறையை ஒட்டினுற்போல் நீர் வீழ்ச்சி ஏற்படுகிறது. டைக் (dyke) செங்குத்துச் சுவர் ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கின் குறுக்கே அமையும்போது இத்தகைய நீர் வீழ்ச்சி தோன்றுகிறது. இது செங்குத்துப்பாறைச் சுவர்நீர்வீழ்ச்சி (vertical barrier falls) எனப்படும்.

(4) கடினமான லாவா பீடபூமிகளில் பாயும் ஆறுகள் அப் பீடபூமியின் செங்குத்தான விளிம்புகளில் (குத்துச் சரிவுகளில்)

நீர் வீழ்ச்சியை ஏற்படுத்துகின்றன. ஆப்ரிக்காவில் இத்தகைய நீர் வீழ்ச்சிகள் காணப்படுகின்றன.



படம் 19. நீர் வீழ்ச்சி:
(1) கடினப் பாறை விரிப்பு நீர் வீழ்ச்சி.
(2) செங்குத்துப் பாறை சுவர் நீர் வீழ்ச்சி.

(5) முதன்மை ஆறும் துணை ஆறும் கூடுமிடத்தில், முதன்மை ஆறு வேகமாக அரிப்பதால் ஆழமான பள்ளத்தாக்கு

ஏற்படுகிறது. ஆனால் துணை ஆற்றின் பள்ளத்தாக்கில் அரிப்பு குறைவானதால் அது அதிகமாக ஆழப்படாமல் முதன்மை ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கைவிட உயரத்தில் அமைந்திருக்கிறது. இவ்வுயர வேறு பாட்டால் அங்கு ஒரு நீர் வீழ்ச்சி தோன்றுகிறது.

(6) ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்குகளில் பனியாறு அமையும்போது முதன்மை பள்ளத்தாக்கு ஆழப்படுவதால் ஏற்படும் உயர வேறு பாட்டினால் துணை ஆற்றிலிருந்து (தொங்கு பள்ளத்தாக்கு) நீர் வீழ்ச்சி தோன்றுகிறது. மேற்கூறிய இரண்டு வகை நீர் வீழ்ச்சி களும் சீரற்ற தலத்தில் (discordant site) தோன்றுபவையாகும்.

(7) அழுந்திய கடற்கரையிலுள்ள ஓங்கல்களில் ஆறு பாயும் போது ஓங்கல்களின் விளிம்புகளில் நீர் வீழ்ச்சி தோன்றுகிறது. ஐரோப்பாவில் இத்தகைய நீர் வீழ்ச்சிகள் உள்ளன.

(8) சில சமயம் மாறுபட்ட தன்மை கொண்ட பாறைகளை ஆறு அரிக்கும் போது, அரிப்பு வேறுபாட்டின் காரணமாக பள்ளத் தாக்கு படிகள் போன்று அமைந்து காணப்படுகிறது. இப் படிகள் போன்ற அமைப்பில் ஆறு பாயும் போது தோன்றும் நீர் வீழ்ச்சி படி அமைப்பு நீர் வீழ்ச்சி (step falls) எனப்படும்.

(9) ஆறு பாயும் நிலத்தில் பிளவு ஏற்படும்போது பாறைகள் மேல் நோக்கியும் கீழ் நோக்கியும் சரிவதால் அங்கு நீர் வீழ்ச்சி தோன்றுகிறது. இதில் கீழ்வீச்சுப் பாறை பொதுவாக மென் பாறையாக இருக்கும். இத்தகைய நீர் வீழ்ச்சி பிளவு தள நீர் வீழ்ச்சி எனப்படும். சாம்பசியிலுள்ள (Zambezi) விக்டோரியா நீர் வீழ்ச்சியை இதற்கு உதாரணமாகக் குறிப்பிடலாம்.

(10) ஆற்று நீரில் கால்சியம் கார்பனேட் மிகுதியாகக் கரைந்திருப்பின், வெப்பமடைந்து நீர் ஆவியாகும்போது இவை ஆற்றின் குறுக்கே திட்டுக்களாக படிகின்றன. இத் தடையினால் அங்கு நீர் வீழ்ச்சி தோன்றுகிறது. இத்தகைய நீர் வீழ்ச்சி தானாக விளையும் நீர் வீழ்ச்சி (auto consequent falls) எனப்படும்.

நீர் வீழ்ச்சி மறைதல்

நீர் வீழ்ச்சி ஆற்றின் இளம் நிலையில் காணப்படும் நிலத் தோற்றமாகும். ஆற்றின் படுகை தொடர்ந்து அரிக்கப்படுவதால் ஆற்றின் போக்கில் அமைந்திருக்கும் நீர் வீழ்ச்சிகள் சிறிது சிறிதாக மறைகின்றன. கடினப் பாறை விரிப்பு நீர் வீழ்ச்சியில் தட்டை யான பாறை அடுக்குகளில் நீர் வீழ்ச்சி காணப்படுவதால், கீழே யுள்ள மென் பாறை அடுக்கு நீரின் சுழலினால் அரிக்கப்பட்டு

அகற்றப்படுகிறது. அப்போது மேலிருக்கும் கடினப் பாறைக்கு தாங்கி (support) இல்லாததால் அது நொருங்கி விழுகிறது. இவ்வாறு கடினப்பாறை அடுக்கு அரிக்கப்பட்டு பின்னடைவதால் (recession) ஆற்றுப்படுகையின் உயரமும் குறைகிறது. இவ்வாறு பின்னடைந்து உயரம் குறைந்து இறுதியில் நீர்வீழ்ச்சி மறைந்து போகிறது. நீர் வீழ்ச்சி மறைந்த பிறகு அந்த இடம் சம நில மாகிறது. நீர் வீழ்ச்சி பின்னடைந்து (recession) வருவதற்கு சிறந்த எடுத்துக் காட்டாக நயகரா நீர் வீழ்ச்சியைக் குறிப்பிட லாம். நீர்வீழ்ச்சியின் மேல் பகுதியிலும் கீழ்ப் பகுதியிலும் காணப்படும் சிறு நீர் வீழ்ச்சி அல்லது துள்ளல்கள் (rapids) நீர் வீழ்ச்சி பின்னடையும் போது மறைகின்றன.

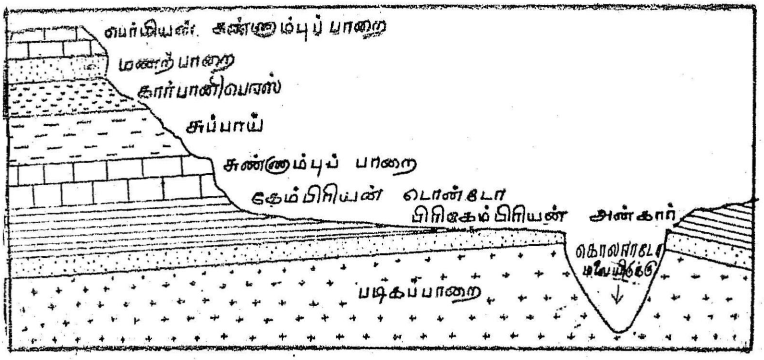
குடக் குடைவு (pot hole)

குடக் குடைவுகள் அல்லது பானைத்துவாரங்கள் நீர் வீழ்ச்சி யின் அடிவாரத்தில் தோன்றுபவையாகும். நீர் வீழ்ச்சியின் அடி வாரத்தில் நீரின் விசை அதிகமாக இருப்பதால் நீரில் சுழல்கள் (eddies) ஏற்படுகின்றன. நீரால் கடத்தப்படும் கூழாங்கற்கள், மணல் ஆகிய கூரான துகள்கள் இந் நீர் சுழல்களில் அகப்பட்டு சுழல்வதால் அடித்தளத்தில் நீள் உருளைத் துளைகள் (cylindrical hollows) தோன்றுகின்றன. இவற்றில் பாறைத் துகள்கள் மேலும் சுழன்று உராய்வதால் இவை குழிகளாக மாறுகின்றன. இவற்றை குடக்குடைவுகள் அல்லது பானைத்துவாரங்கள் என்பர். இவை பொதுவாகச் சில அங்குலம் முதல் பல அடிகள் வரை விட்டம் கொண்டதாக காணப்படும்.

கல் நாற்காலிகள் (Rock benches)

இளம் நிலையில் ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கின் குறுக்குத் தோற்றம் 'V' வடிவத்தில் இருக்கும் என்பதை ஏற்கனவே பார்த்தோம். ஒரே மாதிரியான பாறைகள் உள்ள பகுதிகளில்தான் பள்ளத் தாக்குகள் 'V' வடிவத்தில் காணப்படுகின்றன. மென்மையான பாறையாக இருப்பின் பள்ளத்தாக்கு அகலப்படுதல் துரிதமா கிறது. மென்மையான அடுக்கும் கடினமான அடுக்கும் ஒன்றன் கீழ் ஒன்று மாறிமாறி அமைந்துள்ள பாறைகளில் இத்தகைய பள்ளத்தாக்குகள் அமையும் போது 'V' வடிவம் மாறுபடுகிறது. கடினப் பாறைகள் எளிதில் அரிக்கப் படாததால் பள்ளத்தாக்கின் பகுதி அங்கு குறுகலாகவும், மென்மையான பாறைகள் எளிதில் அரிக்கப்படுவதால் அங்கு அது அகலமாகவும் காணப்படுகிறது. இது தவிர கடினத் தன்மைக்கு ஏற்ப பள்ளத்தாக்கின் சுவர்கள் சரிவு மிகுந்தும், சரிவு குறைந்தும் படி போன்று காட்சியளிக்

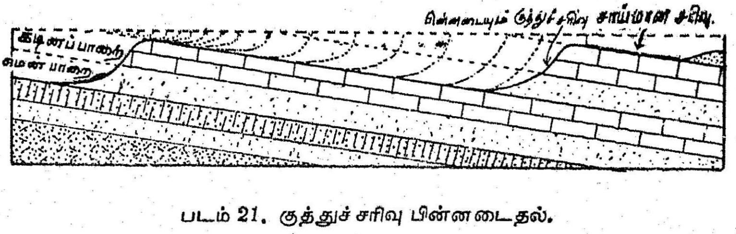
கின்றன. கடினப் பாறை அடுக்கு வெளித் தோன்றும் (out crop) இடத்தில் சரிவு மிகுந்து செங்குத்தாகவும், மென்பாறை வெளித் தோன்றும் இடத்தில் சரிவு குறைந்தும் காணப்படுகிறது. இந்த அமைப்பு கல் நாற்காலி (rock bench) அல்லது ஆற்றுத்திடல் (river terrace) எனப்படும். கொலராடோ நதியில் கிரான்ட் கேன் யானில் இத்தகைய அமைப்புகள் காணப்படுகின்றன (படம்: 20).



படம் 20. கொலராடோ கேன்யானின் குறுக்குத் தோற்றம்.

குத்துப் பாறைகள்

தளவெட்டுத் திசையில் பாயும் துணை ஆறு கடின மென் அடுக்குகள் மாறிமாறியும், சாய்ந்தும் உள்ள பாறைகளை அரிக்கும் போது பாறையின் அமைப்புக்கு ஏற்றவாறு பள்ளத்தாக்கின் குறுக்குத் தோற்றம் அமைகிறது. மென்மையான அடுக்கு அரிக்கப்பட்டு பள்ளத்தாக்கின் அடித்தளம் கடின அடுக்கை அடையும் போது கீழ் நோக்கி அரித்தல் தடைபடுகிறது. அப்போது கடின அடுக்கிற்கு மேலுள்ள மென்பாறைகள் பக்கங்களில் அரிக்கப்படுகின்றன. இதைத்தவிர பாறை அடுக்கு சாய்ந்துள்ளதால் பள்ளத்தாக்கு சாய்



படம் 21. குத்துச் சரிவு பின்னடைதல்.

வுள்ள பக்கத்தில் மட்டுமே அரித்துக் கொண்டுச் செல்கிறது. இதன் விளைவாக மேல் அடுக்கிலுள்ள கடினப் பாறையின் அடிப்பாகம்

அரிக்கப்பட்டு குத்துப் பாறையாக காட்சியளிக்கிறது. சாய்வு தளத்தைப் பின்பற்றி பக்கவாட்டில் அரித்து செல்வதால் இடம் பெயரும் பள்ளத்தாக்கின் சுவர்கள் எங்கும் மாறுமல் ஒரே கோணத்தில் இருக்கின்றன (படம்: 21). இந்த அமைப்பு ஒத்த வளைவு இடப் பெயர்ச்சி (uniclinal shifting) எனப்படும்.

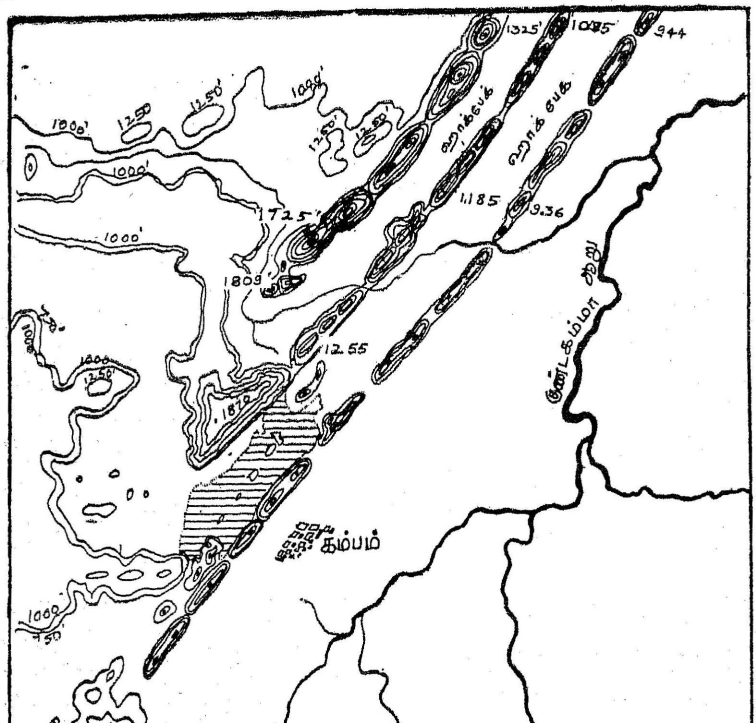
குயெஸ்டா (cuesta), ஹாக்பேக் (hogback) நீண்ட குன்றுகள்

மடிப்புக்கள் அமைந்த பகுதிகளில் கடின மென்மைப் பாறை அடுக்குகள் சாய்வாகக் காணப்படுகின்றன. இவற்றின் சாய்மானம் சில சமயங்களில் வெவ்வேருக காணப்படும். இத்தகைய பாறை அமைப்புக் கொண்ட பகுதிகளில் பாறை அடுக்கிற்கு குறுக்காக பாயும் ஆறுகள் அங்குள்ள மென் பாறையை எளிதில் அரித்து பள்ளத்தாக்குகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இவை சாய்மான திசைக்கு குறுக்காக அமைந்திருக்கும். இப்பள்ளத்தாக்குகள் போதுமானஅளவு ஆழப்பட்டவுடன் அவற்றின் இரு புறங்களிலும் கடினப்பாறைகள் நீண்ட குன்றுகளாக வெளித்தோன்றுகின்றன. இவை பள்ளத்தாக்கிற்கு இணையாக அமைந்திருக்கின்றன. இவற்றில் குறைந்த சாய்மானமுள்ள அடுக்கில் தோன்றும் நீண்ட குன்று ஒரு பக்கத்தில் செங்குத்தாகவும், மறுபக்கத்தில் சரிவு குறைந்தும் காட்சியளிக்கிறது. இந் நீண்ட குன்று குயெஸ்டா (cuesta) எனப்படும். குயெஸ்டா என்பது ஒரு ஸ்பானியச் சொல். இதற்கு ஒரு பக்கம் மென் சரிவுள்ள குன்று என்பது பொருளாகும். மென் சரிவுள்ள பக்கம் சாய்மானத்திற்கு இணையாக உள்ளது. இது 30°க்கு குறைவான சரிவு கொண்டுள்ளது. எனவே குயெஸ்டாவின் சரிவுகள் மாறுபட்ட கோணத்தில் (asymmetrical) அமைந்துள்ளன. இதற்கு மாருக சாய்மானம் அதிகமாக

படம் 22. குயெஸ்டா, ஹாக்பேக், மேசை நிலம் மொட்டைக் குன்று ஆகியவை.

உள்ள பாறை அடுக்கில் தோன்றும் நீண்ட குன்று இரு பக்கங்களிலும் செங்குத்தான சரிவைக் கொண்டிருக்கும், இவற்றின்

சரிவுகள் சமகோணத்தில் (symmetrical) அமைந்திருக்கின்றன. இக் குன்று ஹாக்பேக் (hogback) எனப்படுகிறது (படம் : 22). கர்நூல் மாவட்டத்திலுள்ள நெல்லூரில் கம்பம் ஏரிக்கு வடகிழக்கில் ஹாக்பேக் நீண்ட குன்றுகள் உள்ளன (படம் : 23). இவை ஆற்றின் முதிர் நிலையில் தோன்றுபவையாகும்.



படம் 23. நெல்லூரிலுள்ள ஹாக்பேக் நீண்ட குன்றுகள்.

மேசை நிலமும் (mesa) மொட்டைக் குன்றும் (butte)

கடின மென் பாறை அடுக்குகள் கிடையாக அமைந்திருக்கும் போது அரிக்கப்பட்ட பள்ளத்தாக்குகளுக்கு இடையிலுள்ள நிலம் ஒரு மேசைபோல் தோற்றமளிக்கும். இது மேசை நிலம் எனப் படுகிறது. இதன் மேல் தளத்தில் கடினப் பாறை அடுக்கு இருப்பதால் அது எளிதில் அரிக்கப்படாமல் தட்டையாக இருக்கிறது. கீழ் அடுக்குகள் மென்மையான பாறைகளாதலால் எளிதில் அரிக்கப்பட்டு மேசை நிலத்தின் பக்கங்கள் செங்குத்தாக காட்சி

யளிக்கின்றன. மேசை நிலம் தொடர்ந்து அரிக்கப்பட்டு இறுதியில் தட்டையான உச்சி கொண்ட சிறிய குன்ருக மாறுகிறது. ஆற்றிடை நிலத்தில் தனித்து அமையும் இக் குன்றுகள் மொட்டைக் குன்றுகள் எனப்படுகின்றன, மேசை நிலமும், மொட்டைக் குன்றும் ஆற்றின் முதிர்ந்த நிலையில் தோன்றுகின்றன.

பெனிப் பிளேன் (pene plain) அல்லது சற்றேறக் குறைய சமநிலம்

பெனிப் பிளேன் ஆற்றின் அரிப்பினுல் இறுதியாகத் தோன்றும் நிலத்தோற்றமாகும். ஆற்றின் முதுமை நிலையில் கடலுக்கு அருகில் இது தோன்றுகிறது. ஆற்றுநீரால் அரிக்கப்பட்ட பாறைகள் பள்ளத்தாக்குகளின் வழியே கடலை நோக்கி கடத்தப்படுகின்றன. ஆகையால் நிலம் படிப்படியாக தேயுற்று உயரத்தில் தாழ்கிறது. முதலில் சரிவு மிகுந்து இருந்த நிலம் இப்போது அரிக்கப்பட்டு சரிவு குறைந்து காட்சியளிக்கிறது. இந் நிலையில் ஆறு அரிப்புத்திறனை ஏறத்தாழ இழந்துவிடுகிறது. அப்போது நிலம் அடிமட்டத்திற்கு அரிக்கப்பட்டுவிடுகிறது. இவ்வாறு படிப்படியாக நிலம் முழுவதும் தேயுற்று சற்றே நிலத்தோற்ற வேறுபாடுகளுடன் கூடிய ஒரு பெரிய சமவெளி ஏற்படுகிறது. இச் சமவெளியை டேவிஸ் 'பெனிப்பிளேன்' என்று அழைத்தார். பெனிப்பிளேன் என்பதற்கு 'சற்றேறக்குறைய சமநிலம்' என்பது பொருளாகும். பெனிப்பிளேன் தோன்றுவதற்கு ஆற்றின் அரிப்புடன் வானிலைச் சிதைவு துணை புரிகிறது. ஆற்றின் பக்கவாட்ட அரிப்பினுல் பெனிப்பிளேன் தோன்றுவதால் இச் செய்கையை சமதளமாக்குதல் (planation) என்று கூறுவது மிகப் பொருந்தும். எனினும் பெனிப்பிளேன் ஒரு முழுமையான சமதளம் என்று நாம் கூறுவதற்கில்லை. ஏனெனில் இந் நிலம் அலைகள் போல் மிக லேசாக வளைந்து சரிந்து செல்கிறது. இத்தகைய சரிவு இருப்பதால்தான் நிலத்திலிருந்து பாயும் ஆறு கடலைச் சேர முடிகிறது.

ஒண்டி மலைகள்

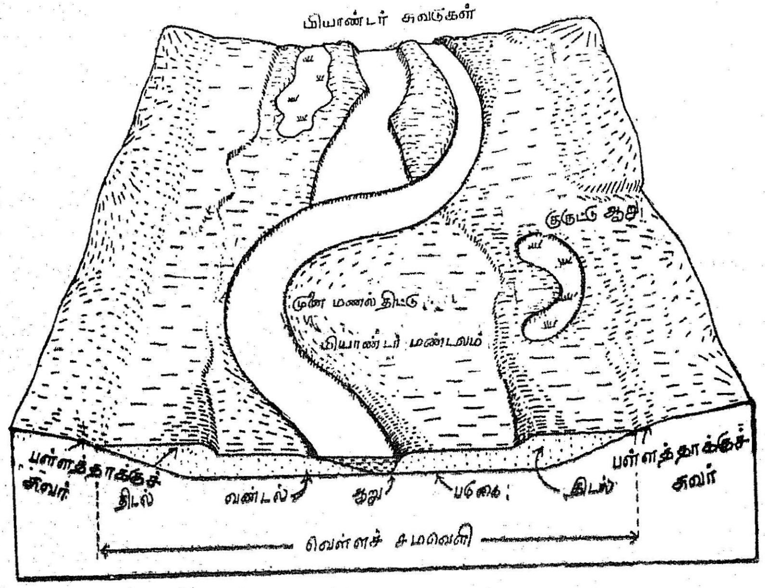
பெனிப்பிளேனில் காணப்படும் மற்ரெரு நிலத்தோற்றம் ஒண்டி மலைகளாகும் (monad rocks). பெனிப்பிளேனில் இங்கொன்றும் அங்கொன்றுமாக குட்டையான சில குன்றுகள் காணப்படுகின்றன. ஆற்றினுல் அரிக்கப்படாத கடினப் பாறைகளே இத்தகைய தனித்த குன்றுகளாகக் காட்சியளிக்கின்றன. தரைக்குமேல் உயர்ந்து சிறு தீவுகளைப்போல் காட்சியளிக்கும் இத் தனித்த குன்றுகள் ஒண்டி மலைகள் (monad rocks) எனப்படுகின்றன. இவை ஆற்றின் முதுமைநிலையில் காணப்படும் நிலத்தோற்றங்களாகும்.

படிதல் செயலால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்

வண்டல்

ஆற்றின் பக்கவாட்ட அரிப்பினுல் பள்ளத்தாக்கின் அடித் தளத்திலுள்ள ஒழுங்கீனங்கள் நீக்கப்படுகின்றன. இதேபோல் ஆற்று வளைவுகளிலுள்ள கிளைக் குன்றுகள் அரிக்கப்பட்டு மழுங்கி விடுகின்றன. இவ்வாறு சமப்படுத்தப்பட்ட பள்ளத்தாக்கின் தட்டையான பகுதியில், (valley flat), நுண்மணல் (fine sand), மண்டி (sill) மண் ஆகியவை படிகின்றன. இப் படிவுகள் வண்டல் (alluvium) எனப்படும். ஆற்றின் வேகம் குறைந்தாலோ அல்லது நீரின் வெளியேற்றம் குறைந்தாலோ ஆறு கடத்திவந்த பொருள்கள் படியத் தொடங்குகின்றன. ஏறத்தாழ எல்லா ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கிலும் வண்டல் படிந்துள்ளதால் அடித் தளத்துப்பாறை வெளியே தெரிவதில்லை. மழை குறைந்த பருவத்தில் இவ் வண்டல் பரப்பில்தான் ஆறு ஓடுகிறது.

வண்டல் சமவெளி



படம் 24. வெள்ளச் சமவெளியும் அதனுடன் தொடர்புடைய நிலத்தோற்றங்களும்.

வெள்ளக் காலத்தில் ஆற்றின் நீர்மட்டம் உயரும்போது சுற்றியுள்ள பகுதிகள் வெள்ளத்தால் பாதிக்கப்படுகின்றன.

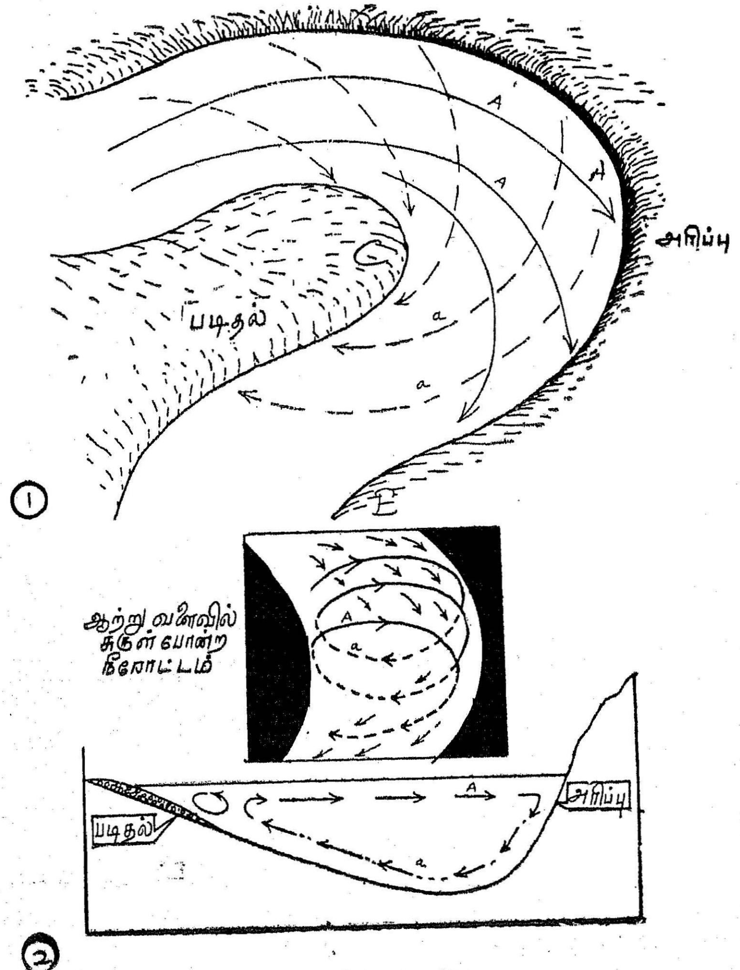
அப்போது நீரால் கடத்தப்பட்ட நுண்படிவுகள் (வண்டல்) ஆற்றின் இருபுறத்திலும் படிகின்றன. நாளடைவில் இவ்வண்டல் படிவுகள் பள்ளத்தாக்கின் தட்டைப் பகுதியில் (valley flat) நிரம்பி அதிக கனம் கொண்டதாகக் காணப்படுகிறது. மழைக் காலத்தில் இவ் வண்டல் முழுவதும் நீரில் மூழ்கி காணப்படுகிறது. வறண்ட காலத்து தாழ்ந்த ஆற்றங்கரையிலிருந்து பள்ளத் தாக்கின் அடிச்சுவர் வரை வியாபித்திருக்கும் வண்டல் பரப்பினை வெள்ளச் சமவெளி (flood plain) என்கிறோம். வெள்ளக் காலத்தில் இது மூழ்கிவிடுவதால் இப் பெயர் தரப்பட்டுள்ளது (படம் 24.).

ஆற்றுவளைவு (மியாண்டர்)

அரிக்கக்கூடிய தரையில் ஆறு பாயும்போது அது வளைந்து செல்லுகிறது. வெள்ளச் சமவெளியிலுள்ள வண்டல் எளிதில் அரிக்கப்படுவதால் அதில் ஆற்று வளைவுகள் தோன்றுகின்றன. ஆற்றின் எல்லா நிலைகளிலும் வளைவுகள் காணப்படுகின்றன. ஆற்று வளைவுகள் தோன்றுவதற்கான காரணம் இன்னும் தெளி வாகத் தெரியவில்லை. ஆற்றிலுள்ள சில தடைகளின் காரணமாக வளைவுகள் தோன்றுகின்றன என்று ஒரு கருத்தும்; சரிவு மிகவும் குறைந்துள்ள வெள்ளச் சமவெளியில் நீரோட்டத்தின் வேகம் குறைவதாலும், வண்டல் படிவுகளினால் தடுக்கப்படுவதாலும் ஆறுகள் வளைந்து செல்கின்றன என்று மற்றொரு கருத்தும் நிலவி வருகின்றன. ஆனால் சோதனைகள் செய்து பார்த்ததில் தடை களினாலும், வேகக் குறைவினாலும் வளைவுகள் தோன்றுகின்றன என்பதை உறுதி செய்யமுடியவில்லை. வளைவுகளின் தோற்றம் பற்றி சமீபத்தில் ஒரு கருத்து வெளியிடப்பட்டுள்ளது. இதன்படி ஆற்றின் அடித்தளத்திலுள்ள அரிபள்ளங்களினாலும் (riffle), குளங்களினாலும் (pools) வளைவுகள் தோன்றுகின்றன. ஆனால் இவற்றால் வளைவுகள் எவ்வாறு ஏற்படுகின்றன என்பது இன்னும் விளக்கப்படவில்லை.

நேர்பாதையில் நீண்டதூரம் செல்லும் ஆறுகளைக் காண்பது மிகவும் அரிதாகும். ஆறுகள் வளைந்து செல்வது பாறையின் வகையையும், அமைப்பையும் பொருத்துள்ளது. ஒழுங்கற்ற நில அமைப்புகளில் ஆறு சற்று வளைந்து செல்கிறது. ஆறு வளைந்துச் செல்லும்போது நேர்த்திசையில் வரும் ஆற்று நீரோட்டம் அங்கு திருப்பிவிடப்படுவதால் ஒரு கரையிலிருந்து மற்றொரு கரைக்கு ஊசலாடுகிறது. இது ஆற்றின் இடைப்பகுதியில் மிகவும் தீவிர மாக இருக்கும். ஆற்றுநீர் பக்கங்களில் ஊசலாடுவதால் பள்ளத் தாக்கின் பக்கங்களில் அரிப்பு ஏற்படுகிறது. படம் 25-ல் ஆற்று

வளைவின் குழிந்த பக்கத்தில் (A) அரிப்பு ஏற்பட்டு அங்கு அரிக்கப் பட்ட துகள்கள் எதிர்கரையிலுள்ள புறம் குவிந்த (B) பக்கத்தில் படிகின்றன. வளைவின் குழிந்த பக்கத்தில் பள்ளத்தாக்கு ஆழமாகவும் நீர் வேகம் மிகுந்தும் காணப்படுகிறது. மையம்



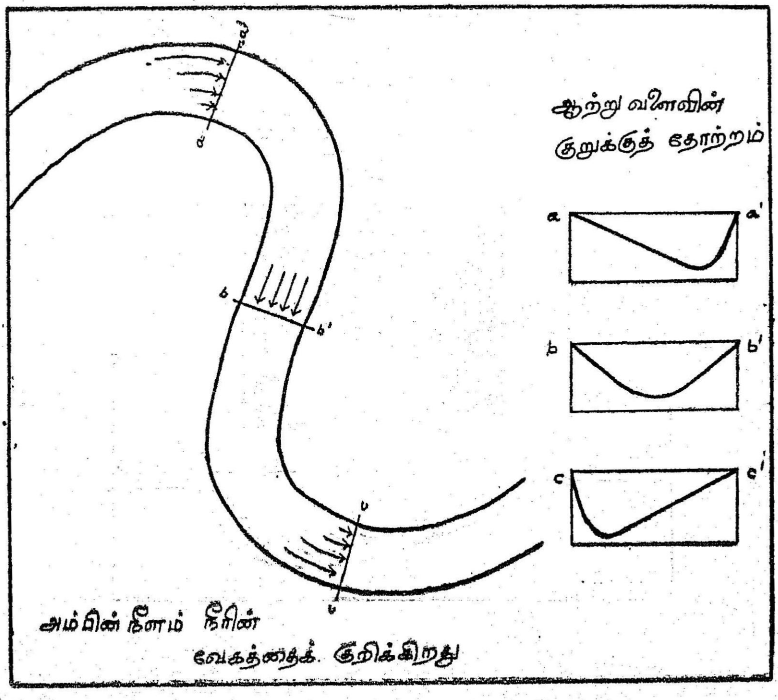
படம் 25. ஆற்றுவளைவில் அரிப்பும் படிதலும்:
(1) ஆற்றுவளைவின் மேல்தோற்றம் (2) ஆற்று வளைவில் நீரோட்டம்.

விட்டு விலகும் விசையினால் (centrifugal force) குழிந்த பக்கத்தில் மேற்பரப்பில் நீர் குவிகிறது (pile up). மேற்பரப்பில் நீரோட்டம் வளைவின் உட்குழிந்த பக்கத்தை அடையும் அதே நேரத்தில் கீழ்ப்

புறத்தில் நீரோட்டம் வளைவின் புறம் குவிந்த பக்கத்தை அடைகிறது. இப்போது நீரோட்டம் ஒரு கரையிலிருந்து மற்றொரு கரைக்கு ஒரு திருகாணியைப் போல் திருகிக்கொண்டுச் (spiral flow) செல்கிறது. இவ்வாறு திருகிக்கொண்டு செல்வதால் வளைவின் உட்குழிந்த பக்கத்தில் (A) அரிப்பும், புறம்குவிந்த பக்கத்தில் (B) படிதலும் ஏற்படுகிறது. ஆற்றில் ஒருமுறை வளைவு ஏற்பட்டுவிட்டால் ஆற்றுநீர் அந்த வளைவை மேலும் பெரிதாக்குகிறது. ஆற்று வளைவின் அளவு ஆற்றுநீர் வெளியேற்ற அளவைப் பொருத்துள்ளது. எனவே பெரிய ஆறுகளில் பெரிய வளைவுகளும், சிறிய ஆறுகளில் சிறிய வளைவுகளும் காணப்படுகின்றன. நீர் வெளியேற்றம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க வளைவுகளும் பெரிதாகின்றன.

ஆற்று ஓங்கலும், சறுக்குச் சரிவும்

ஆற்று வளைவில் மேற்பரப்பு நீரோட்டத்தால் வளைவின் உட்



படம் 26. ஆற்றுவளைவில் நீரின் வேகம்.

குழிந்த பக்கம் அரிக்கப்பட்டு அங்கு பள்ளத்தாக்கு ஆழப்படுகிறது என்பதை ஏற்கனவே பார்த்தோம். ஆற்று நீரோட்டம்

உட்குழிந்த பக்கத்தில் அதிவேகமாகவும், புறம் குவிந்த பக்கத்தில் வேகம் குறைந்தும் காணப்படுகிறது. எனவே உட்குழிந்த பக்கம் பக்கவாட்ட அரிப்பினுல் தாக்கப்பட்டு அதன் கரை செங்குத்தாக மாறுகிறது. இது ஆற்று ஓங்கல் (River cliff) எனப்படும். வளை வின் புறம் குவிந்த பக்கத்தில் நீரோட்டம் அடியிலிருந்து வருவ தால் அதன் கரையில் அரிப்பு அதிகமாக ஏற்படுவதில்லை. எனவே இது சரிவு குறைந்த நீண்ட குறுகிய கிளைக் குன்ருக மாறுகிறது. இது சறுக்குச் சரிவு (slip off slope) எனப்படும்.

முனை மணல் திட்டு

உட்குழிந்த பக்கத்தில் அரிப்பு ஏற்பட்டு அங்கு அரிக்கப்பட்ட மணல், கூழாங்கற்கள் ஆகியவை எதிர்கரையிலுள்ள புறம் குவிந்த பக்கத்தில் படிகின்றன. இப் படிவுகள் முனை மணல் திட்டு (point bar) எனப்படுகின்றன. இத்தகைய படிதலால் முன்பு ஏற்பட்ட வளைவுகளைப் போல் பல வளைவுகள் தோன்றுகின்றன. மாத்தெஸ் (Mathes) என்பவர் உட்குழிந்த கரையில் அரிக்கப்பட்ட பொருள்கள் அதே கரையிலுள்ள முனை மணல் திட்டில் தான் படிகின்றன என்றும் எதிர்கரையில் படிவதில்லை என்றும் கண்டறிந்தார்.

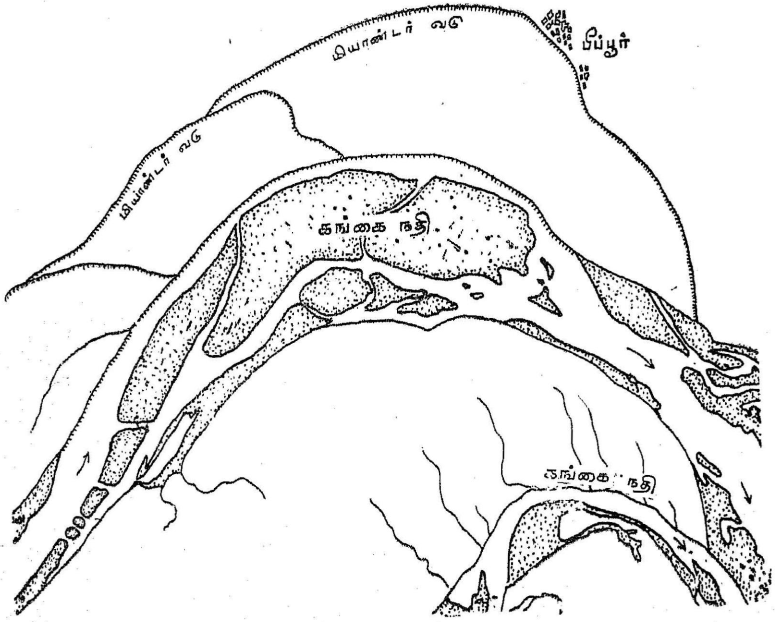
மியாண்டர் சுவடுகள்

ஆற்றின் ஒவ்வொரு வளைவும் பக்கங்களில் பெரிதாகிக் கொண்டு செல்வதோடு கீழச்சரிவை நோக்கியும் பெரிதாகி இடம் பெயர்கிறது. இவ்வாறு இடம் பெயரும் போது வளைவுகள் இருந்த பழைய இடங்கள் ஆர வடிவ பள்ளங்களாக காட்சியளிக் கின்றன (படம்: 27). ஆற்றின் வெள்ளச் சமவெளியில் காணப் படும் இப் பள்ளங்கள் மியாண்டர் சுவடுகள் (meader scrolls) எனப்படுகின்றன.

குருட்டு ஆறு

ஆற்றின் இரு வளைவுகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம் (அலை தூரம்) ஆற்றின் அடித்தளத்தைப் போல் சுமார் 10 மடங்கு அகலமாக உள்ளது. ஆற்று வளைவு சமவெளியில் அமைந்திருக்கும் போதுதான் குருட்டு ஆறுகள் பெரும்பாலும் ஏற்படுகின்றன. வளைவில் பக்கவாட்ட அரிப்பு தொடர்ந்து நடைபெறும் போது அதன் உட்குழிந்த பக்கம் பெரிதாகிக் கொண்டே சென்று இறுதியில் ஒரு முழு வளைவாக மாறுகிறது. இம் முழு வளைவின் முனையிலுள்ள இரு உட்குழிந்த பக்கங்கள் ஒன்றையொன்று நெருக்கிக்

கொண்டுவந்து இறுதியில் ஒன்று சேருகின்றன. வெள்ளத்தின் போது ஆற்றுநீர் வளைவின் வழியாகச் செல்லாமல் குறுக்குப் பாதை அமைத்துக் கொண்டு வளைவின் குறுக்கே செல்லத் தொடங்குகிறது. இதன் விளைவாக ஆற்று வளைவு நீரோட்ட

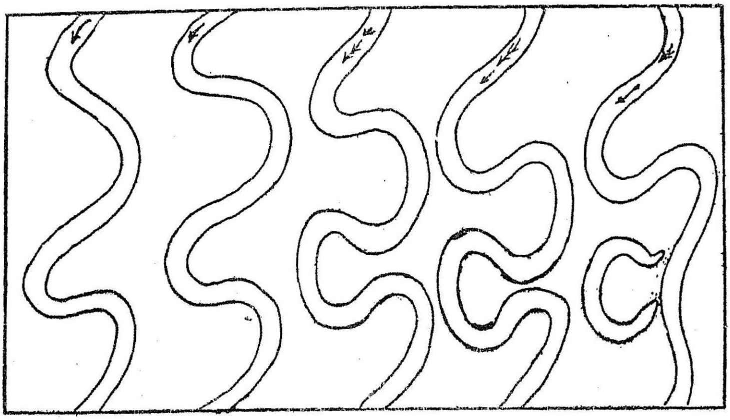


படம் 27. பகல்பூருக்கு வடமேற்கில் கங்கை நதியில் ஏற்பட்டுள்ள மியாண்டர் வடு (சுவடுகள்)

மின்றி துண்டிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு முதன்மை ஆற்றிலிருந்து துண்டிக்கப்பட்ட நீரோட்டமற்ற வளைவு குருட்டு ஆறு (ox-bow lake) எனப்படுகிறது (படம்: 28). இது குதிரை லாட வடிவில் காணப்படுகிறது. குருட்டு ஆறுகள் வெள்ளச் சமவெளியில் ஏரிகளாகக் காட்சியளிக்கின்றன. இவற்றில் காலந்தோறும் வெள்ளத்தினுல் கொண்டு வரப்படும் நுண்படிவுகள் படிந்து நாளடைவில் இவை சதுப்பு நிலங்களாக மாறுகின்றன. மிசிசிபி நதி சமவெளியில் குருட்டு ஆறுகள் நிறைய காணப்படுகின்றன. இந்தியாவில் பீஹார், அஸ்ஸாம் ஆகிய மாநிலங்களில் பாயும் ஆறுகளில் குருட்டு ஆறுகள் அதிகம் காணப்படுகின்றன (படம்: 29).

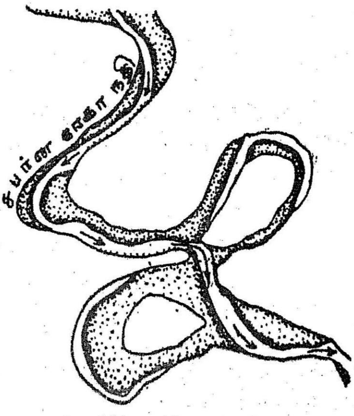
லெவிக்கள்

ஆறுகளில் நீரின் வேகம் குறையும் போது கடத்திக் கொண்டு வரும் பாறைத்துகள்கள் அனைத்தையும் அவற்ருல் கடத்த முடிவ



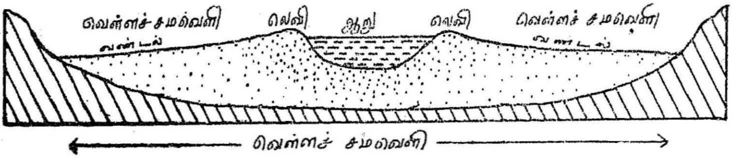
படம் 28. குருட்டு ஆறு தோன்றல்.

தில்லை. எனவே இச் சுமையில் ஒரு பகுதி ஆற்றின் படுக்கையிலேயே படிந்து விடுகிறது. ஆற்றுப்படுகையில் இவ்வாறு பொருட்கள் படிந்து கொண்டே வந்தால் நீரின் மட்டம் உயர்ந்து கொண்டு வரும். வெள்ளக்காலத்தில் ஆற்றில் கடத்தப்பட்டுவரும் மணல், வண்டல், சேறு போன்றவை வெள்ளச் சமவெளியில் படிகின்றன. வெள்ளத்தினுல் பள்ளத் தாக்கு நிரம்பி கரைகளில் நீர் வழியும் போது அதன் வேகம் தடைபடுவதால் கடத்தப்பட்டு வரும் பருப் பொருட்களும், மிதந்து வரும் நுண்ணிய பொருட்களும் கரைகளிலேயே படிகின்றன. ஒவ்வொரு முறையும் வெள்ளம் ஏற்படும் போது கரைகளில் படிவுகள் சேர்வதால் இரு கரைகளும் தானுகவே வளர்ந்து சுற்றுப்புற மட்டத்தைவிட உயர்ந்து காணப்படுகின்றன. இக் கரைகள் லெவிக்கள் எனப்படுகின்றன (படம்: 30). லெவிக்கள் பல அடி உயரத்திற்கு வளர்வதால்



படம் 29. ஒரிசா மாநிலத்தில் பாயும் சபர்ண ரேகா நதியில் காணப்படும் குருட்டு ஆறுகள்.

ஆற்றின் மட்டமும் சுற்றுப்புற வெள்ளச் சமவெளியைக் காட்டிலும் உயரத்தில் காணப்படுகிறது. லெவிக்களுக்கு இருபுறமும் நிலம் சரிந்துச் செல்கிறது. இச் சரிவுகளில் நீர் தேங்கி பின்னர் இது சதுப்பு



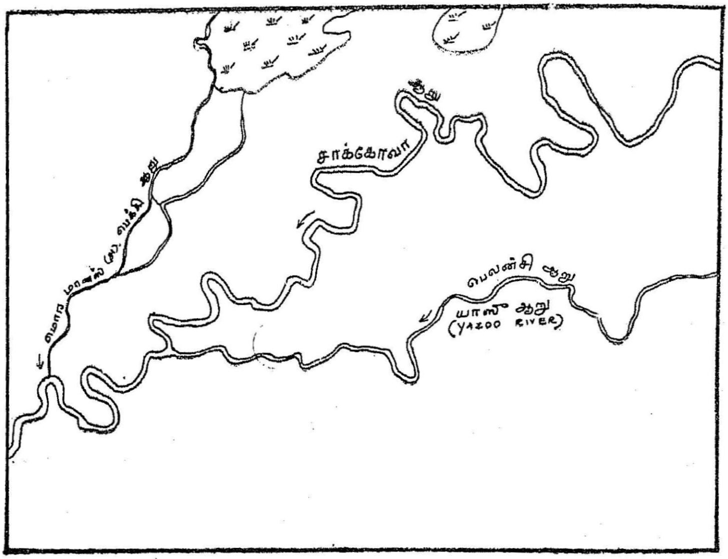
படம் 30. வெள்ளச் சமவெளியும் லெவிக்களும்.

நிலமாக மாறுவதுண்டு. லெவிக்கள் இவ்வாறு வளருவதால் சாதாரண மழைக்காலத்தில் ஆற்றின் வெள்ளம் ஏற்படாமல் இருக்கிறது. ஆனால் பெரிய மழையின்போது ஆற்றின் மட்டம் உயருவதால் லெவிக்கள் சில சமயம் உடைகிறது. இவை உடைந்தால் வெள்ளச்சேதம் மிக அதிகமாக ஏற்படும். உதாரணமாக வட இத்தாலியிலுள்ள போ (Po) ஆறு, வட சீனுவிலுள்ள ஹீவாங்ஹோ (Hwang-Ho) ஆறு ஆகியவற்றின் படுகைகளும், கரைகளும் சுற்றுப்புறத்தைவிட உயர்ந்த மட்டத்தில் அமைந்துள்ளமையால் வெள்ளக் காலத்தில் இவை கரைகளை உடைத்துக் கொண்டு பெரும் சேதத்தை விளைவிக்கின்றன. இவ்வாறு அடிக்கடி வெள்ளச் சேதத்தை ஏற்படுத்துவதால்தான் ஹீவாங்ஹோ நதியை 'சீனுவின் துயரம்' என்று அழைக்கிறார்கள்.

லெவிக்கள் வளர்ந்துள்ள நதிகளிலிருந்து வண்டல் படிவுகளின் வழியே நீர் கசிவதால் அங்கு துணை ஆறுகள் தோன்றுகின்றன. முதன்மை ஆற்றிலிருந்து நீர் கசிவதால் தோன்றும் இத் துணை ஆறுகள் முதன்மை ஆற்றுக்குப் பக்கத்தில் அதே திசையில் பாய்ந்து செல்கின்றன. லெவிக்களை உடைத்துக் கொண்டு இத் துணை ஆறுகள் முதன்மை ஆற்றுடன் இணைவது கடினமாகையால் இவை முதன்மை ஆற்றுக்கு இணையாக வெள்ளச்சமவெளியில் நீண்ட தூரத்திற்கு பயணம் செய்து சாதகமான இடத்தில் முதன்மை ஆற்றுடன் இணைகின்றன. இவ்வாறு இணையும் துணை ஆறுகளுக்கு யாஸு (Yazoo) ஆறுகள் என்று பெயர். மிசிசிபி ஆற்றுடன் இவ்வாறு இணையும் யாஸு ஆற்றிலிருந்து இப் பெயர் வழக்கிற்கு வந்தது. அஸ்ஸாம் மாநிலத்தில் உள்ள சால்கோவா (Chaulkhoa) நதியுடன் இணையும் பெலன்சி நதி (Bhelensi Nadi) ஒரு யாஸு நதியாகும் (படம்: 31).

பின்னிய ஆறுகள்

நீர் வெளியேற்றம் சுமை இவற்றிற்கு ஏற்ப வண்டல் வெள்ள சமவெளியில் ஆறுகளின் போக்கிலும் அமைப்பிலும் மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. ஆறுகளில் நுண்ணிய படிவுகள் தொங்கு நிலையில்



படம் 31. யாஸீ நதி ; பெலன்சி ஆறு.

கடத்தப்பட வேண்டுமாதலால் ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கு அதிக ஆழம் கொண்டதாக அமைகிறது. இதற்கு மாறாக பருப் பொருட்கள் (மணல், கூழாங்கற்கள்) கடத்தப்படும் ஆறுகளில் பள்ளத்தாக்கு அகலமாகவும் ஆழம் குறைந்தும் படுகையில் அதிக பரப்பு கொண்டதாகவும் காணப்படுகிறது. படுகையில் கடத்தப்படும் பொருட்கள் மிக அதிகமாக இருந்தால் அவை படிந்து ஆறுகள் பின்னிக் கொண்டு (braided) செல்கின்றன.

வெள்ளச் சமவெளியில் ஆறுகள் உபரியான படிவுகளைக் கொண்டு சேர்க்கும் போது ஆற்றின் பாதை தடைபடுவதால் ஆறுகள் பின்னிக் கொண்டு செல்கின்றன. பின்னிக் கொண்டிருக்கும் ஆறுகளுக்கு இடையில் படிவுகளால் தோன்றிய தீவுகள் காணப்படுகின்றன.

பரல் (breccia) போன்றவை படிந்து தீவுகளை ஏற்படுத்தும் போது ஆறு பின்னிக் கொண்டு செல்கிறது. இத் தீவுகள் ஆறு

கடத்திவரும் படிவுகள் மிகுதியாவதாலும், இவற்றின் இரு புறத்திலும் படுகை ஆழமாவதாலும் இவை தோன்றுகின்றன. இத்தீவுகள் இயாட் (eyot) எனப்படுகின்றன.

ஆறுகள் பின்னிச் செல்வதற்கு படிவுகள் மிகுதியாக இருத்தல் வேண்டும்; ஆற்றின் கரைகளும் எளிதில் அரிக்கத் தக்கவாறு இருத்தல் வேண்டும். கரைகள் பலவீனமாக இருந்தால்தான் அவை எளிதில் அரிக்கப்பட்டு படுகை அகலமாகும். ஆறு அகலமாகும் போது அதன் ஆழம் குறைகிறது. இந் நிலையில் படுகையிலுள்ள படிவுகள் எவ்வித தாக்குதலுக்கும் உட்படாமல் தீவுகளாக மாறுகின்றன.

கடத்தும் திறனுக்கு அதிகமாக சுமை இருந்தால் முதுமை நிலையில் ஆறுகள் பின்னிக் கொள்கின்றன. அமேஸான், மிசிசிபி, கங்கை, பிரம்மபுத்திரா போன்ற நதிகளில் பின்னிய அமைப்பு காணப்படுகிறது.

வண்டல் விசிறி

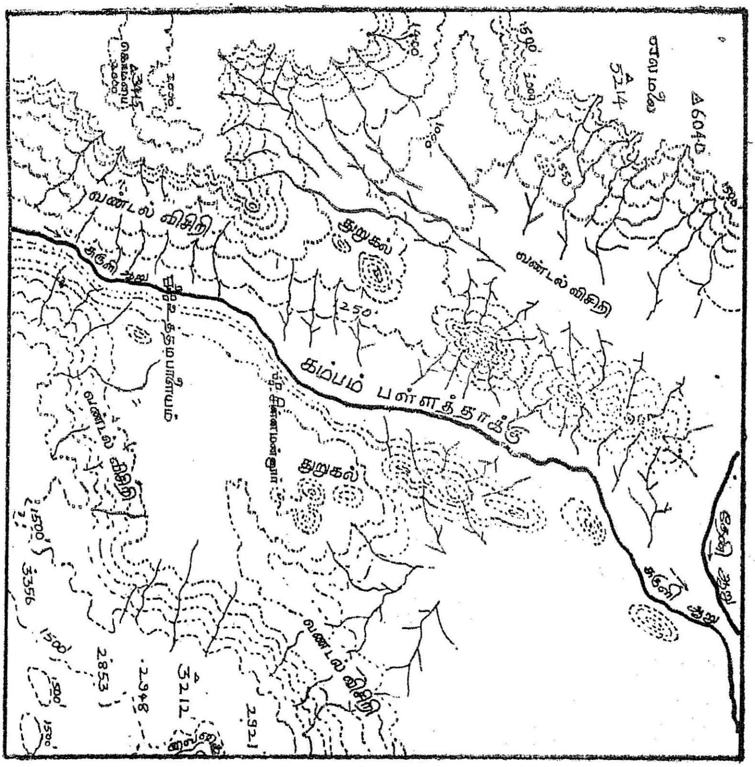
ஆறுகள் மலையிலிருந்து சமவெளியை அடையும் போது சரிவு மாறுபடுவதால் அதன் வேகம் குறைந்து அவை கடத்திவரும் பொருட்களில் பெரும்பகுதி மலையடிவாரத்தில் படிகிறது. இப்படிவுகள் விசிறியின் வடிவத்தை ஒத்திருப்பதால் இவை வண்டல் விசிறி (alluvial fan) எனப்படுகின்றன (படம்: 32). வண்டல் விசிறியில் பரல், மணல், வண்டல், போன்றவை காணப்படுகின்றன.

தொங்குபள்ளத்தாக்கிலிருந்து பாயும் துணை ஆறுகள் முதன்மை பள்ளத்தாக்கில் சேரும்போது சரிவு திடீரென மாறுவதால் தொங்கு பள்ளத்தாக்கின் அடிவாரத்தில் படிவுகள் சேர்ந்து கூம்பு வடிவில் அமைகிறது. இக் கூம்புப் படிவின் சரிவு சுமார் 30^0 வரை இருக்கும். இத்தகைய சரிவு மிகுந்த படிவு வண்டல் கூம்பு (alluvial cone) எனப்படுகிறது.

வண்டல் விசிறியும், வண்டல் கூம்பும் தோன்றும் முறையில் ஒரேமாதிரியாக இருந்தாலும் வண்டல் விசிறியில் சரிவு மிகக் குறைவாகக் காணப்படுகிறது. வண்டல் விசிறியிலும், கூம்பிலும் உச்சியில் பருப் பொருட்களும், விளிம்புகளில் நுண் படிவுகளும் அடுக்காக காணப்படுகின்றன.

மழைக் காலத்தில் மலையிலிருந்து ஓடிவரும் விசை நீரோடைகள் (torrent) சமவெளியை அடையும் போதும் விசிறி

போன்ற வடிவத்தில் படிவு ஏற்படுகிறது. மித வறட்சி பகுதி களில் இத்தகைய வண்டல் விசிறிகள் தோன்றுகின்றன. ஒரு



படம் 32. மதுரை மாவட்டத்தில் கம்பம் பள்ளத்தாக்கிலுள்ள வண்டல் விசிறிகள்.

துணை ஆறு பெரிய ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கில் இணையும் போதும், தாழ்ந்த நிலப்பரப்பை அடையும்போதும் சரிவு மாறுபடுவதால் வேகம் குறைகிறது. இதனை ஈடு செய்வதற்காக ஆறு தன் சுமையில் ஒரு பகுதியை அங்குப் படியச் செய்கிறது. அப்போது புதிதாக ஒரு சரிவு தோன்றுவதால் பழைய சரிவு நிலைநாட்டப்படுகிறது. அதாவது சரிவு குறையும்போது வண்டல் விசிறி அமைப்பதன் மூலமாக நீரோட்டத்திற்கு தேவையான சரிவை ஆறு பெறுகிறது.

வண்டல் விசிறியின் உச்சி (தலைப்பு) துணைப்பள்ளத்தாக்கின் முகப்பில் அமர்ந்திருக்கிறது. உச்சியிலிருந்து ஆறுகள் பக்கங் களில் அலைவதால் அவை படிவித்த பொருள்கள் குவிந்து விசிறி

வடிவத்தில் அமைகின்றன. துணைப் பள்ளத்தாக்கின் முகப்பி லிருந்து ஆறுகள் வண்டல் விசிறியின் மீது கிளை ஆறுகளாகப் (distributaries) பிரிந்து பரவலாகச் செல்கின்றன.

டெல்டா

ஆறு கடத்திவரும் பொருட்கள் இறுதியாக அதன் முகத் துவாரத்தில் படிகின்றன. முகத்துவாரம் பொதுவாக ஒரு ஏரி யாகவோ அல்லது கடலாகவோ இருக்கும். ஆறு கடலை அடையும் போது அது கடத்தி வரும் பொருள்கள் அனைத்தும் கண்டத் திட்டுகளில் படிகின்றன. கடலடி தளத்தில் தொடர்ந்து மென் மேலும் படிதல் ஏற்படுவதால் அப்படிவு கடல் மட்டத்திற்கு மேல் வளர்ந்து காணப்படுகிறது. இது டெல்டா (delta) எனப் படும். நைல் நதியின் முகத்துவாரம் கிரேக்க எழுத்தான △ (டெல்டா)வைப்போல் முக்கோண வடிவத்தில் காணப்பட்ட தால் ஹெரடாடஸ் (Herodotus) என்ற அறிஞர் அதற்கு டெல்டா என்று பெயரிட்டார். எல்லா ஆறுகளிலும் டெல்டா வளர் வதில்லை. அதேபோல் எல்லா டெல்டாக்களும் முக்கோண வடிவத்தில் காணப்படுவதில்லை.

டெல்டாக்களின் வளர்ச்சியை பாதிக்கிற காரணிகள் பின்வருமாறு:

(1) ஆறு கடத்திவரும் படிவுகளின் அளவு ;

(2) ஆறு கடத்திவரும் படிவுகளின் வேகம் ;

(3) ஆற்று முகத்துவாரத்தில் நீரின் ஆழம் ;

(4) கடல் அடித்தளம் தாழ்தல் அல்லது உயர்தல் ;

(5) கடல் அலை, நீரோட்டம் ஆகியவற்றின் வலிமை ;

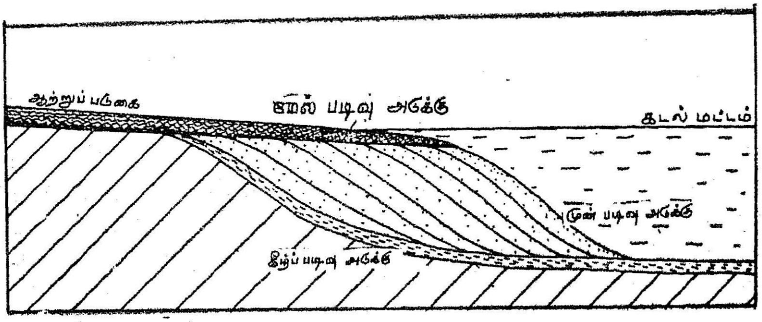
(6) ஓதங்கள் (ஏற்றவற்றம்) (tides)

மேற்கூறிய காரணிகள் டெல்டாக்களின் வளர்ச்சியை மட்டு மன்றி அவற்றின் பரப்பு, அமைப்பு, கன அளவு ஆகியவற்றையும் பாதிக்கின்றன. ஆறுகள் மிகக் குறைந்த அளவுக்கு பொருள்களைக் கடத்திக் கொண்டு வந்தால் அவை டெல்டாவின் வளர்ச்சிக்கு போதுமானதாக இருக்காது. உதாரணமாக ஏரிகளைக் கடந்து வரும் ஆறுகளில் படிவுகள் குறைவாகக் காணப்படுகின்றன. சில பகுதிகளில் கடலின் அடித்தளம் தாழ்ந்து வரும்போது அதே வேகத்தில் படிதல் ஏற்படாவிடில் டெல்டாக்கள் கடல் மட்டத் திற்கு மேல் வளர்ச்சியடைவது கிடையாது. கடல் அலைகளும் நீரோட்டமும் தீவிரமாக இருப்பின் அங்கு ஆறு கடத்திவரும் படிவுகள் உடனுக்குடன் அகற்றப்படுகின்றன. எனவே டெல்

டாக்கள் அங்கு வளர்ச்சியடைவதில்லை. சில சமயம் ஓதப் பெருக்கு தீவிரமாக இருப்பின் முகத்துவாரத்திலுள்ள படிவுகள் விரைவில் கடலுக்குள் ஈர்க்கப்பட்டு விடுகின்றன. கல்கத்தா டைமண்ட் துறைமுகத்தை அடுத்துள்ள ஹுக்ளி முகத்துவாரத்தில் ஓத முகத்தினுல் தோன்றும் கடல் அலைகள் நதியின் வழியே நெடுந்தூரம்வரை உள்நாட்டிற்குச் செல்கின்றன. எனவே இங்கு படிதல் ஏற்படுவது தவிர்க்கப்படுகிறது.

மேற்கூறிய காரணிகள் டெல்டாவின் வளர்ச்சியை பாதிக்கின்றன என்ருலும் அவற்ருல் படிவுகள் அகற்றப்படும் வேகத்தைக் காட்டிலும் படிதலின் வேகம் அதிகமாக இருப்பின் இத் தடைகளை மீறி டெல்டாக்கள் வளர்ச்சி பெறுகின்றன.

ஆறு கடலை அடையும்போது அதன் வேகம் குறைவதால் கடத்தப்பட்டு வரும் பொருள்கள் அங்கு படிகின்றன என்பதை ஏற்கனவே பார்த்தோம். இவை படியும்போது துகள்களின் அளவுக்கு ஏற்ப ஒழுங்கான அடுக்குகளாகப் படிகின்றன (படம்: 33). ஆற்றின் படுகையில் இழுத்துச் செல்லப்பட்டும்,



படம் 33: டெல்டாவின் குறுக்குத் தோறறம்.

உருண்டும் வருகிற மணல், பரல், கூழாங்கற்கள் ஆகியவை முதலிலும், பின்பு தொங்கு நிலையில் கடத்தப்படும் நுண்ணிய வண்டலும் படிகின்றன. படிவுகள் சேரச்சேர டெல்டாக்கள் கடலை நோக்கி வளர்ச்சியடைகின்றன.

டெல்டாவின் அமைப்பு

டெல்டாக்கள் நீளத்திலும், உயரத்திலும் சிறிது சிறிதாக வளர்வதால் முகத்துவாரத்தில் ஆற்றின் போக்கை அவை தடுக்கின்றன. இதனுல் ஆறு பல கிளைகளாகப் பிரிந்து விசிறிபோன்ற

அமைப்பை ஏற்படுத்துகிறது. கடலை நோக்கி வளர்ச்சிபெறும் டெல்டாவின் மூழ்கிய பகுதி உட்குழிந்த சரிவு கொண்டதாகக் காணப்படுகிறது. இதில் ஆற்றுப்படிவுடன் கடற்படிவுகளும் காணப்படுகின்றன.

டெல்டாவில் பொதுவாக மூன்று அடுக்குகள் காணப்படுகின்றன. அவை (1) அடிப்படிவு அடுக்கு (bottom set bed) (2) முன்படிவு அடுக்கு (fore set bed) (3) மேல்படிவு அடுக்கு (top set bed) என்பனவாகும்.

(1) அடிப்படிவு அடுக்கு

இது மற்ற அடுக்குகளைவிட கடலின் அடியில் வெகு தூரம் வரை அமைந்திருக்கிறது. இதில் சற்று சுமாரான நுண்படிவுகள் ஏறத்தாழ கிடையான அமைப்பில் படிந்துள்ளன. நுண் பொருள்கள் தொங்குநிலையில் கடலில் நீண்ட தூரத்திற்கு கடத்தப்படுவதால் அவை நீண்ட தூரம் வரை படிந்து காணப்படுகின்றன.

(2) முன்படிவு அடுக்கு

இது இடை அடுக்காகும். ஆற்றின் படுகையில் இழுத்து செல்லப்பட்டும், உருண்டும் கடத்தப்படுகிற பருப்பொருள்கள் படிவதால் இந்த அடுக்கு தோன்றியுள்ளது. மற்ற அடுக்குகளைவிட இது முன்னணியில் இருக்கிறது. இது அதிக கனமுள்ளது. இதன் சாய்மானம் அடிப்படிவு அடுக்கைவிட அதிகம். அடிப்படிவு அடுக்கின்மீது இது மெதுவாக கடலை நோக்கி வளர்ந்து செல்லுகிறது.

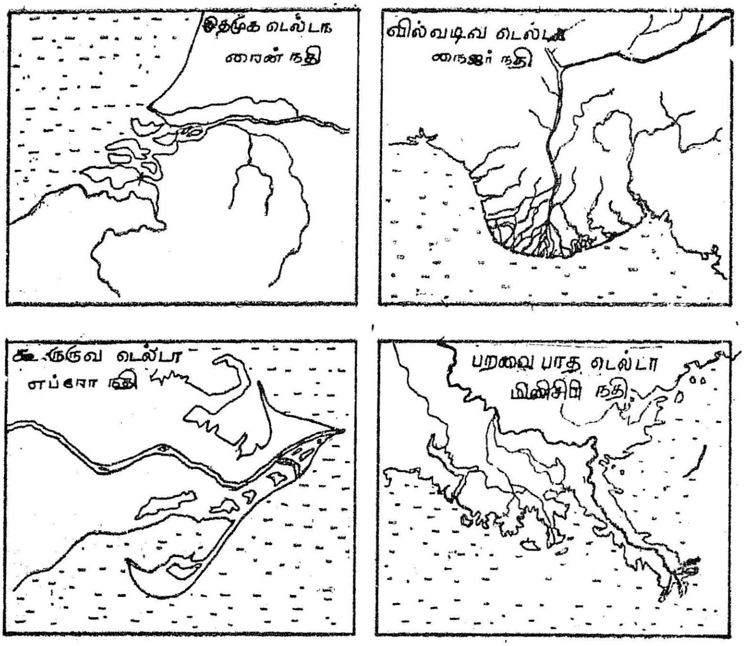
(3) மேல் படிவு அடுக்கு

இது முன்படிவு அடுக்கிற்கு மேல் அமைந்துள்ளது. உண்மையில் பார்க்கப்போனால் இது ஆற்று வண்டல் சமவெளியின் தொடர்ச்சியே யாகும். எனவே வண்டல் சவவெளியானது டெல்டாவின் மேல் படிவ அடுக்கில் முடிகிறது எனலாம். மேல் படிவு அடுக்கு கடலுக்குள் லேசாக சாய்ந்துள்ளது.

மேற்கூறிய அடுக்குகள் எல்லா டெல்டாக்களிலும் காணப்படுவதில்லை. ஏரிகளில் தோன்றும் டெல்டாக்களில் இவை பெரும்பாலும் காணப்படுகின்றன. கடலில் அலைகள், நீரோட்டம் ஆகியவற்றால் இந்த அடுக்கமைப்பு மாறிவிடுகிறது.

டெல்டாக்களின் வகைகள்

டெல்டாக்களை அவற்றின் அமைப்பிலிருந்து நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை (1) பொங்குமுக டெல்டா (estuarine delta) (2) வில் அல்லது விசிறி வடிவ டெல்டா (arcuate or fan shaped delta) (3) கூரிய உருவ டெல்டா (cuspate delta) (4) பறவைப் பாத டெல்டா (bird's foot delta) என்பனவாகும் (படம் 34).

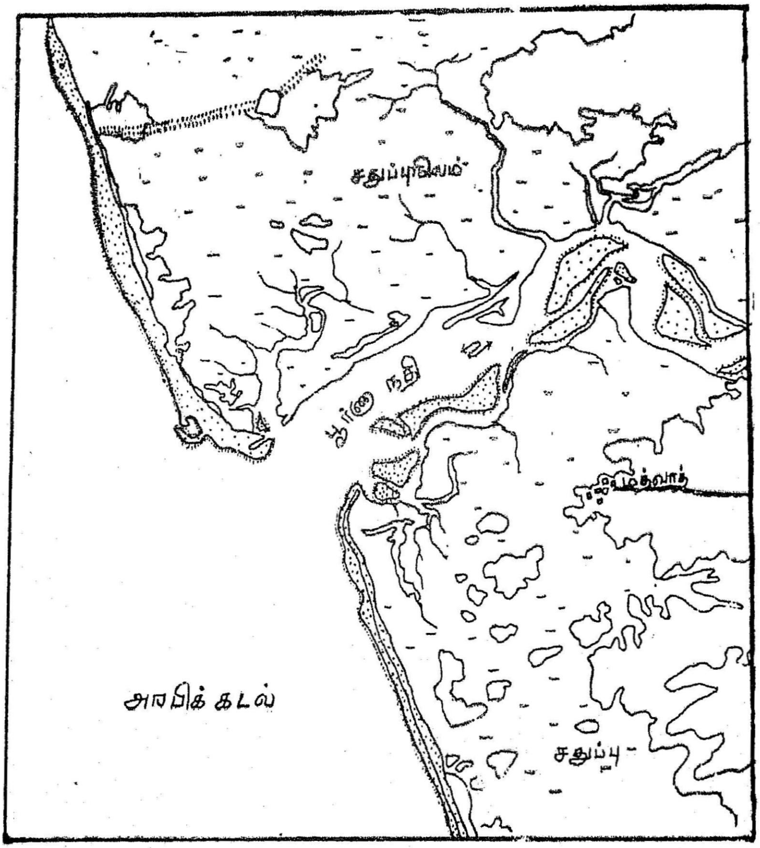


படம் 34. டெல்டா வகைகள்.

(1) பொங்குமுக டெல்டா

இது ஆறுகளின் முகத்துவாரத்தில் டெல்டா ஏற்படுவதற்கு முன்னர் காணப்படுவதாகும். முகத்துவாரத்தில் படிவுகள் ஏற்படாததால் டெல்டா கடற்கரையைத் தாண்டி வளர்ச்சி பெறுமல் இருக்கிறது. இத்தகைய டெல்டா ஓதமுக அல்லது பொங்குமுக டெல்டா (estuarine delta) எனப்படுகிறது (படம் 35). பொங்குமுக டெல்டாக்கள் பொதுவாக அமிழ்ந்த கடற்கரைகளில் காணப்படுகின்றன. இவ்வகை டெல்டாக்களுக்கு

உதாரணம் ரைன் (Rhine), தபதி (Tapti), நர்மதை, பூர்ணு (Purna) ஆகிய ஆறுகளின் முகத்துவாரங்களாகும்.

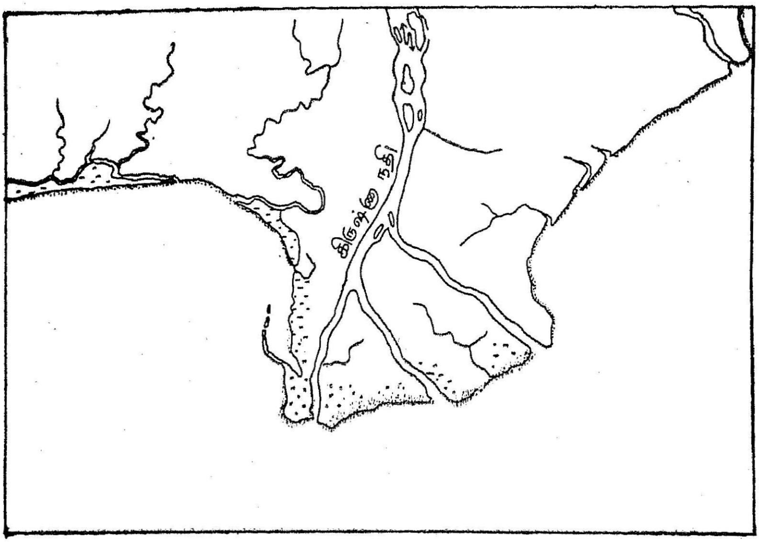


படம் 35. பம்பாய்-சூரத் மாவட்டத்திலுள்ள பூர்ணு நதியின் ஓதமுக அல்லது பொங்குமுக டெல்டா

(2) வில் அல்லது விசிறி வடிவ டெல்டா

மென்மையான நுண்ணிய வண்டல் படிவுகளால் டெல்டா அமைந்திருந்தால் அப்படிவுகள் வளரும்போது ஆற்றின் பாதை தடைபட்டு அது பல கிளைகளாகப் பிரிகிறது. இக்கிளைகள் டெல்டாவின் தலைப்பிலிருந்து (delta head) கடற்கரை வரை விசிறிபோன்று விரிந்து காணப்படுகின்றன. இத்தகைய டெல்டா, வில் அல்லது விசிறி வடிவ டெல்டா (arcuate or fan shaped) என்றழைக்கப்படுகிறது. நைல், ரோன் (Rhone),

கங்கை, சிந்து, கிருஷ்ணா, ஆகிய நதிகளில் இத்தகைய டெல்டாக்கள் காணப்படுகின்றன (படம் 36).



படம் 36. கிருஷ்ணாநதியின் வில் அல்லது விசிறி வடிவ டெல்டா.

(3) கூரிய உருவ டெல்டா

தொங்கு நிலையில் கடத்தப்படும் ஆற்றுப் படிவுகள் கடலை நோக்கி துரிதமாகப் படியும்போது நடுப்பகுதிநீளமாக வளர்வதால் டெல்டா கூரிய பல் போன்ற உருவத்தில் காணப்படுகிறது. இது கூரிய உருவ டெல்டா (cuspate delta) எனப்படுகிறது; இந்த வகைக்கு உதாரணம் டைபர் (Tiber), எப்ரோ (Ebro) ஆறுகளாகும்.

(4) பறவைப் பாத டெல்டா

சற்று பெரியதான வண்டல் படிந்து டெல்டா தோன்றியிருப்பின் ஆறு அதிகமான கிளைகளற்று இரண்டு மூன்று கிளைகளை மட்டுமே கொண்டிருக்கும். அப்போது அது பறவையின் பாதம் போல் அமைந்திருக்கும். இது பறவைப் பாத டெல்டா (bird's foot delta) எனப்படுகிறது. இத்தகைய டெல்டா மிசிசிபி நதியில் மட்டுமே காணப்படுகிறது. மிசிசிபி நதி கடத்திவந்த அதிகப் படியான வண்டல் படிந்ததாலும், இரு கரைகளிலும் லெவிக்கள் வளர்ந்ததாலும் இத்தகைய டெல்டா இங்கு ஏற்பட்டுள்ளது.

பள்ளத்தாக்கின் சமநிலைத் தோற்றம்
(Profile of Equilibrium)

ஆறு தோன்றுமிடத்திலிருந்து முகப்பு வரையிலுள்ள அதன் பள்ளத்தாக்கை இளம் பகுதி, முதிர்ந்த பகுதி, முதுமைப் பகுதி என மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம் என்பதை ஏற்கனவே பார்த்தோம். பள்ளத்தாக்கில் காணப்படும் சரிவு வேறுபாடுகளிலிருந்து இப் பகுதிகளை நாம் பிரித்தறிகிறோம். பள்ளத்தாக்கின் நெடுக்குத் தோற்றம் (thalweg) சரிவு வேறுபாட்டை நமக்கு தெளிவாக எடுத்துக் காட்டுகிறது.

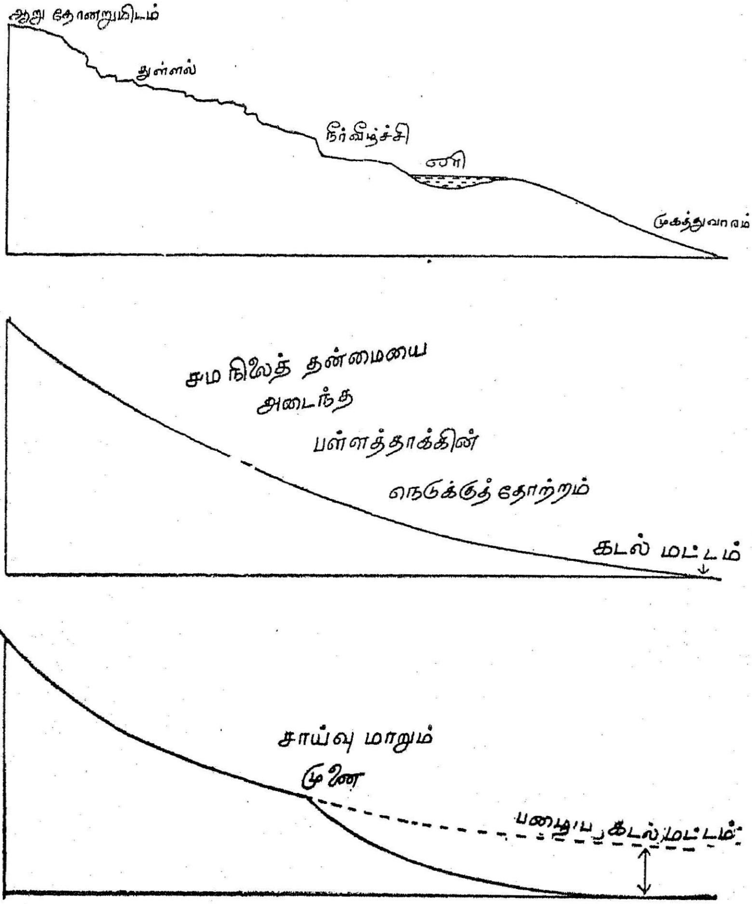
ஆறு தோன்றுமிடத்திற்கு அருகில் பள்ளத்தாக்கு மிக அதிகமான சரிவைக் கொண்டுள்ளது. ஆனால் இங்கு நீரின் கன அளவு குறைவாயிருப்பதால் பொருள்கள் அதிகமாகக் கடத்தபடுவதில்லை. ஆற்றின் அரிப்பும் இங்கு சுமாராகவே உள்ளது. இப் பகுதியை அடுத்து கீழுள்ள இடைப் பகுதியில் துணை ஆறுகள் சேருவதால் நீரின் கன அளவு இங்கு அதிகமாக இருக்கிறது. இங்கு கூழாங்கற்கள், பெருமணற்கல் (grit), வண்டல் ஆகியவை நீரில் கடத்தப்படுவதால் அரிப்புச் செயல் தீவிரமாக உள்ளது. இங்கு ஆறு குறைவான சுமையுடன் பாய்வதால் அதன் வேகம் அதிகரித்து கீழ்நோக்கி அரித்தல் தீவிரமாக காணப்படுகிறது. எனவே பள்ளத்தாக்கின் சாய்மானம் குறைகிறது. எனவே வேகமும் குறைகிறது. இப்பகுதியில் கடத்தப்படும் பொருட்கள் நீரின் கடத்தும் திறனை பாதிக்கும் அளவிற்கு மிகுதியாக இல்லையெனினும் அரிக்கப்பட்ட பொருட்களின் சுமை படிப்படியாக கூடுவதால் நீரின் வேகம் குறைந்து அரிப்புத்திறன் குறைகிறது. அதே நேரத்தில் ஆற்றின் சுமை கூடும்போது முழு சுமையையும் ஆற்றினால் கடத்த முடிவதில்லை. எனவே சுமையில் ஒரு பகுதி அங்கேயே படிந்து விடுகிறது. இப் படிதலினால் சாய்மானம் அதிகரிப்பதால் வேகமும் அதிகரிக்கிறது. இவ் வேகம் ஆறு, பொருட்களை கடத்தும் அளவிற்கு மட்டுமே துணை செய்கிறது. எனவே அரிப்பினால் சாய்மானம் குறையும் போதும், படிதலினால் சாய்மானம் கூடும் போதும் ஆற்றின் வேகம் மாறுபடுகிறது. ஆறு தோன்றுமிடத்திலிருந்து முகப்பு வரையிலுள்ள அதன் பள்ளத்தாக்கில் ஒரு குறிப்பிட்ட சாய்மானம் ஏற்படும் வரை அரிப்புச் செயலும் படிதல் செயலும் நடைபெறுகிறது. பள்ளத்தாக்கில் அக் குறிப்பிட்ட சாய்மானம் ஏற்பட்டவுடன் ஆற்றின் வேகம் அரிப்பையும் படிதலையும் சமநிலையில் இருக்கச் செய்கிறது. சாய்மானம் அதிகமுள்ள பகுதியில் அரிப்பும், குறைவாக உள்ள பகுதியில் படிதலும் ஏற்படவடுதால் பள்ளத்தாக்கிலுள்ள மேடு

பள்ளங்கள் அகற்றப்பட்டு பள்ளத்தாக்கின் நெடுக்குத் தோற்றம் ஒரு சீரான வளைவாக தோற்றமளிக்கிறது. இந்த நிலையை அடையும் பள்ளத்தாக்கு சரிவு சமநிலை எய்திய (graded) பள்ளத்தாக்கு எனப்படும். இப்பள்ளத்தாக்கின் நெடுக்குத் தோற்றத்தை பள்ளத்தாக்கின் சமநிலைத்தோற்றம் (profile of equilibrium) என்கிறோம். சமநிலை எய்திய பள்ளத்தாக்கில் ஒவ்வொரு இடத்திலும் ஆற்றுக்குத் தன் சுமையை கடத்துகிற அளவுக்கு மட்டுமே வேகம் இருக்கிறது. இந் நிலையை அரிப்பின் இறுதி நிலை (end state of erosion) என்பர்.

பாறைகள் ஒரே மாதிரியான கடினத் தன்மையைக் கொண்டிருந்து நீரின் கன அளவு மாறாமல் இருந்தால் ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கின் நெடுக்குத் தோற்றம் ஒரு தொடு வளைவு (parabolic) அமைப்பைப் பெற்றிருக்கும். அரிப்புச் செயல் தொடங்குமிடத்தில் அரிப்பு சராசரி அளவைக் காட்டிலும் குறைவாக இருப்பதாலும், நடுப்பகுதியில் அதிகமாக இருப்பதாலும், முகத்துவாரத்தில் மிக மிகக் குறைவாக இருப்பதாலும் இத்தகைய தொடு வளைவு நெடுக்குத் தோற்றம் ஏற்படுகிறது. ஆனால் உண்மையில் பார்க்கப் போனால் புவிப்பரப்பில் ஒரே மாதிரியான கடினத் தன்மை கொண்ட பாறைகளைக் காண்பது அரிது. எனவே பள்ளத்தாக்கின் நெடுக்குத் தோற்றம் ஒரே சீராக இருப்பதில்லை. உதாரணமாக பள்ளத்தாக்கின் அடியில் அதிகடினத் தன்மை கொண்ட பாறை அடுக்குகள் சற்று செங்குத்தாக அமைந்திருப்பின் அங்கு நீர்வீழ்ச்சிகளும் ஏரிகளும் தோன்றி பள்ளத்தாக்கின் நெடுக்குத் தோற்றத்தில் பல மேடு பள்ளங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன (படம்: 37). பாறை அமைப்பைப் போலவே நீரின் கன அளவும் எல்லா பகுதியிலும் சீராக இருப்பதில்லை. மழை அளவிற்கு ஏற்ப நீரின் கன அளவு மாறுகிறது. மழை அதிகமாகி வெள்ளம் ஏற்படும் போது கீழ்நோக்கி அரித்தல் மிகவும் தீவிரமாக காணப்படுகிறது. எனவே பள்ளத்தாக்கு கரடுமுரடாக மாறுகிறது.

ஆற்றின் குறுக்கே கடினப் பாறை அடுக்கு வெளித்தோன்றி காணப்பட்டால் அது எளிதில் அரிக்கப் படாமல் ஒரு தற்காலிக தடையாக விளங்குகிறது. இத்தடை ஆற்றின் ஒரு பகுதிக்கு அடிமட்டமாக (base level) விளங்குவதால் ஆறு தன் அரிப்புச் செயலை அடிமட்டத்திலிருந்து தொடங்கி தலைத் திசையில் அரித்துச் செல்கிறது. எனவே இத்தடைக்கு மேலுள்ள பள்ளத்தாக்கு சமநிலையை எய்துகிறது. இப்போது ஆற்றுப்பள்ளத்தாக்கு நெடுக்குத் தோற்றத்தில் தடையின் மேல் பகுதியில்

ஒரு வளைவும், கீழ்ப்பகுதியில் ஒரு வளைவும் காணப்படுகிறது. ஆறு மேல் பகுதியை சமநிலைப் படுத்திய பின்பு கடினப் பாறைத் தடையைத் தாக்குவதால் அது மெதுவாக அரிக்கப்பட்டு அகற்றப் படுகிறது. இப்போது பள்ளத்தாக்கின் நெடுக்குத் தோற்றம்



படம் 37. ஆற்றின் நெடுக்குத் தோற்றத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள்.

ஒரே சீரான வளைவைக் கொண்டிருக்கிறது. இவ்வாறு பள்ளத் தாக்கிலுள்ள மேடு பள்ளங்கள் யாவும் அகற்றப்பட்டு பள்ளத் தாக்கு சீராக்கப்படுகிறது. மழை அதிகமாகி நீரின் கன அளவு அதிகமாகும் போது கீழ் நோக்கி அரித்தல் தீவிரமடைவதால் பள்ளத்தாக்கில் மேடு பள்ளங்கள் தோன்றுகின்றன என்பதை

முன்பு பார்த்தோம். அப்பகுதியில் வறண்ட காலத்தில் நீரின் கன அளவு குறைவதால் ஆறு கடத்திவரும் பொருட்களில் பெரும் பகுதி படிந்து விடுகிறது. இவ்வாறு அரிப்பும் படிதலும் மாறி மாறி ஏற்படுவதால் மேடு பள்ளங்கள் சீராக்கப்பட்டு பள்ளத் தாக்கு சமநிலையை அடைகிறது.

ஒவ்வொரு பள்ளத்தாக்கும் இறுதியில் சமநிலைத் தோற்றத்தை அடைகிறது. இச்சமநிலையை அடைவதற்குள் காலநிலை மாற்றம், நில அசைவு, கடல்மட்டம் வேறுபடுதல் போன்ற குறுக்கீடுகள் ஏற்பட்டால் பள்ளத்தாக்கின் நெடுக்குத் தோற்றத்தில் பெரிய மாறுதல்கள் ஏற்படும். இதனை அடுத்த பகுதியில் பார்ப்போம்.

8. வடிகால் அமைப்பு

(Drainage Pattern)

வடிகால் அமைப்பு என்பது ஆறுகள் கூட்டாக ஒரு குறிப்பிட்ட அமைப்பில் பரவியிருப்பதாகும். நிலத்தின் சரிவு, பாறைகளின் கடினத்தன்மை, பாறை அடுக்கு, ஒட்டுருவழிதல் போன்றவை ஆறுகளின் பரவலைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. எனவே வடிகால் அமைப்பு அவற்றிற்கு ஏற்ப மாறுபடுகிறது. தலப்படங்களிலிருந்து (topographic maps) ஓரிடத்தின் வடிகால் அமைப்பை அறியலாம். வடிகால் அமைப்பை ஆராய்வதன் மூலமாக பாறைகளின் தன்மையையும் அமைப்பையும் ஓரளவுக்கு அனுமானிக்கலாம்.

புவித்தளத்தில் காணப்படும் வடிகால் அமைப்புகளை அவற்றின் தோற்ற அடிப்படையில் ஒன்பது முக்கிய வகைகளாகப் பிரிக்கலாம் (படம் : 38, 39). அவை பின்வருமாறு :

(1) பலகிளை அமைப்பு (dendritic pattern)

(2) கொடி பின்னல் அமைப்பு (trellis pattern)

(3) செவ்வக வடிவ அமைப்பு (rectangular pattern)

(4) ஆரவடிவ அமைப்பு (radial pattern)

(5) வளைய வடிவம் அல்லது கங்கண வடிவ அமைப்பு (annular pattern)

(6) மையம் நோக்கிய அமைப்பு (centripetal pattern)

(7) இணை வடிவ அமைப்பு (parallel pattern)

(8) அம்பு முனை அமைப்பு (barbed pattern)

(9) சீர்குலைந்த அமைப்பு (deranged pattern)

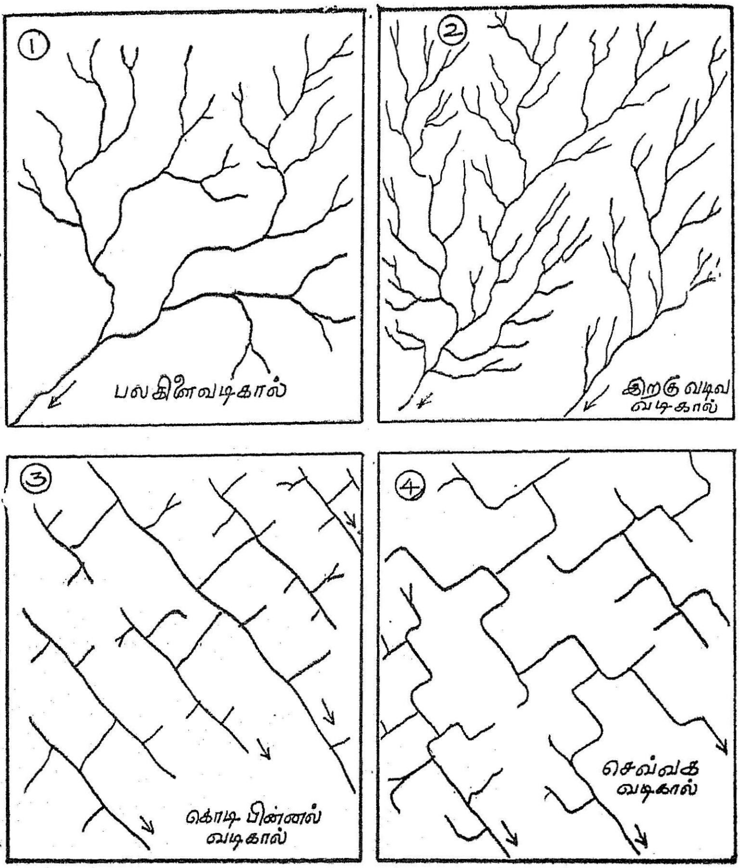
***(1)* பல கிளை அமைப்பு :** பலகிளை வடிகால் அமைப்பு புவிப் பரப்பில் மிகச் சாதாரணமாக காணப்படுவதாகும். **இந்த**

அமைப்பில் ஆறுகள், பல கிளைகள் கொண்ட மரத்தின் அமைப்பை ஒத்திருப்பதால் இது பல கிளை வடிகால் அமைப்பு எனப்படுகிறது. இந்த அமைப்பில் முதன்மை ஆற்றுடன் துணை ஆறுகள் எல்லா கோணங்களிலும் இணைகின்றன. குறிப்பாக அவை குறுகிய கோணங்களில் சந்திக்கின்றன. பலகிளை வடிகால் அமைப்பு ஒரே மாதிரியான கடினத்தன்மை கொண்ட பாறைகளில் தோன்றுகிறது. இப்பாறைகளில் கடின வேறுபாடு ஏதும் இல்லையாகையால் இவற்றில் தோன்றும் இணங்கா அருவிகள் (insequent streams) அங்கொன்றும் இங்கொன்றுமாக தலைத்திசையில் அரித்துச் செல்லுகின்றன. துணை ஆறுகள் இவ்வாறு தலைத்திசையில் அரித்துக் கொண்டு பலகிளைகளாகப் பிரிந்து செல்லுவதால் இந்த வடிகால் அமைப்பு தோன்றுகிறது. இந்த அமைப்பு கிடையான அடுக்குகள் கொண்ட படிவுப் பாறைகளிலும், பெரும் தீப்பாறைகளிலும், உருமாறிய பாறைகளிலும் வளர்ச்சி பெறுகிறது.

செங்குத்துச் சரிவு கொண்ட பகுதிகளில் தோன்றும் துணை ஆறுகள் ஏறத்தாழ ஒன்றுக்கொன்று இணையாகவும் குறுகிய கோணத்திலும் காணப்படுகின்றன. முதன்மை ஆற்றுடன் சேரும்போது பல கிளை வடிகால் அமைப்பு ஒரு இறகு அல்லது இலை வடிவத்தைப் பெறுகிறது. இது இறகு வடிவ அமைப்பு (pinnate pattern) எனப்படும்.

(2) **கொடி பின்னல் அமைப்பு:** கொடி பின்னல் அமைப்பு கடின மென் பாறை அடுக்குகள் கொண்ட மடிப்புகளில் தோன்றுகிறது. தரையின் கீழ் அமைந்திருக்கும் மடிப்புகள் அரிக்கப்பட்டு வெளித்தோன்றும்போது கடின மென் பாறை அடுக்குகள் இணையாக அமைந்து காணப்படும். அத்துடனில்லாமல் இவை தளவெட்டின் திசைக்கு இணையாகவும் உள்ளன. இந்த பாறை அடுக்குகளுக்கு செங்குத்தாக மடிப்பின் சரிவில் விளைவாறுகள் (முதன்மை ஆறுகள்) தோன்றுகின்றன. இவ்வாறுகளின் இரு மருங்கிலும் மென்பாறைப் பகுதிகளில் துணை ஆறுகள் (பின்னமைந்த ஆறுகள்) வளர்ச்சி பெறுகின்றன. இவை தளவெட்டு திசைக்கு இணையாக உள்ளன. அதாவது முக்கிய ஆறுகளுடன் துணை ஆறுகள் செங்கோணத்தில் இணைகின்றன. இதுவே கொடி பின்னல் வடிகால் அமைப்பு (trellis drainage pattern) எனப்படும். கொடி பின்னல் அமைப்பு கடின மென் பாறை அடுக்குகள் சாய்ந்துள்ள (tilted) குத்துப் பாறைகளிலும், பனியாற்றுப் படிவாகிய டிரம்லின் (drumlin) நிறைந்த பகுதிகளிலும், சிலசமயம் மணற்குன்றுகள் நிறைந்த பகுதிகளிலும் தோன்றுகிறது. டிரம்லின் நீள்

வட்டக் குன்றுகள் இணையாகக் காணப்படுவதால் அங்கு ஆறுகள் இணையாகத் தோன்றுகின்றன. இவற்றோடு துணை ஆறுகள் செங்குத்தாக இணைவதால் கொடி பின்னல் அமைப்பு ஏற்படுகிறது. சில சமயம் வறண்ட பகுதிகளில் காற்றின் அரிப்பினாலும்



படம் 38. வடிகால் அமைப்பு
(1) பல கிளை வடிகால் (2) இறகு வடிவ வடிகால் (3) கொடி பின்னல் வடிகால் (4) செவ்வக வடிகால்.

படிதலினாலும் மணற் குன்றுகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாகத் தோன்றுவதால் அங்கு இந்த அமைப்பு ஏற்படுகிறது.

(3) செவ்வக வடிவ அமைப்பு : விரிசல்களும் (joints), பிளவுகளும் உள்ள இடத்தில் அவற்றின் அமைப்புக்கு ஏற்ப முதன்மை

ஆறுகளும் துணை ஆறுகளும் ஒன்றுக்கொன்று செங்கோணத்தில் வளைந்து இணைந்து காணப்படுகின்றன. இது செவ்வக வடிவ வடிகால் (rectangular drainage pattern) எனப்படும். விரிசல்கள் உள்ள தீப்பாறைகளிலும், பிளவுகளும் விரிசல்களும் நிறைந்த தட்டையான படிவுப் பாறைகளிலும் வடிகால் அமைப்பு செவ்வக வடிவில் வளர்ச்சி பெறுகிறது. விரிசல்களின் வழியாக ஆறுகள் தலைத்திசையில் அரித்துச் செல்வதால் இத்தகைய அமைப்பு தோன்றுகிறது. சில சமயங்களின் விரிசல்களின் வழியாகவும், பிளவுதளத்தின் வழியாகவும் ஆறுகள் வளைந்து செல்வதால் எண்ணற்ற செங்கோண வளைவுகள் காணப்படுகின்றன.

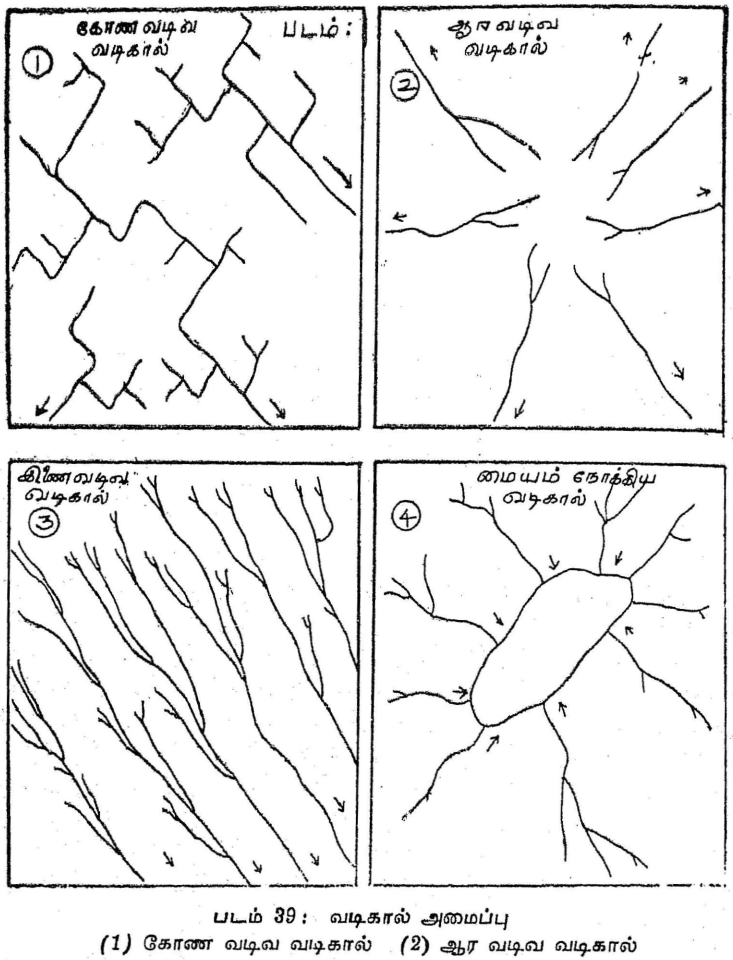
செவ்வக அமைப்பிலும் கொடி பின்னல் அமைப்பிலும் துணை ஆறுகள் செங்கோணத்தில் சந்தித்த போதிலும் செவ்வக அமைப்பில் மட்டுமே ஆறுகள் ஒவ்வொன்றிலும் செங்கோண வளைவுகள் காணப்படுகின்றன.

விரிசல்களும் பிளவுகளும் ஒன்றுக்கொன்று மிகக் குறுகிய கோணத்தில் வெட்டிக்கொள்ளும் பகுதியில் கோண வடிவ வடிகால் அமைப்பு (angular pattern) தோன்றுகிறது. இந்த அமைப்பில் ஆறுகள் 90°க்கு குறைவான கோணத்தில் சந்திக்கின்றன. (90°யில் சந்திக்கும்போது செவ்வக வடிவம் தோன்றுகிறது).

(4) **ஆர வடிவ அமைப்பு:** ஆறுகள் ஒரு மையத்திலிருந்து உற்பத்தியாகி எல்லா திசைகளிலும் பாய்ந்து சென்றால் அங்கு ஆர வடிவ அமைப்பு (radial pattern) தோன்றுகிறது. ஆர வடிவ வடிகால் அமைப்பு பொதுவாக எரிமலைக்கூம்பு, கும்மட்டம் (dome), தனித்த குன்று ஆகியவற்றில் வளர்ச்சி பெறுகிறது. இந்த அமைப்பில் காணப்படும் ஆறுகள் முதல் நிலப்பரப்பின் (initial surface) சரிவிற்கு ஏற்ப பாய்வதால் இவை முதன்மை ஆறுகளாகும். உள்நுழைந்த தீப்பாறைகளான லாக்கோலித், ஸ்டாக் போன்றவை வெளித் தோன்றும்போதும் ஆர வடிவ வடிகால் ஏற்படுகிறது. சில சமயம் ஆரவடிவில் பலகிளை வடிவமும் கொடி பின்னல் வடிவமும் தோன்றக்கூடும்.

(5) **வளைய வடிவம் அல்லது கங்கண வடிவ அமைப்பு:** படிவுப் பாறைகள் நில அசைவினால் பாதிக்கப்பட்டு மடிந்து சில சமயம் கும்மட்டமாக (dome) மாறுகிறது. இக் கும்மட்டம் ஆறுகளால் அரிக்கப்படும்போது படிவுப் பாறையின் கடின மென் அடுக்குகள் கும்மட்டத்தைச் சுற்றி வட்டமாக வெளித்தோன்று

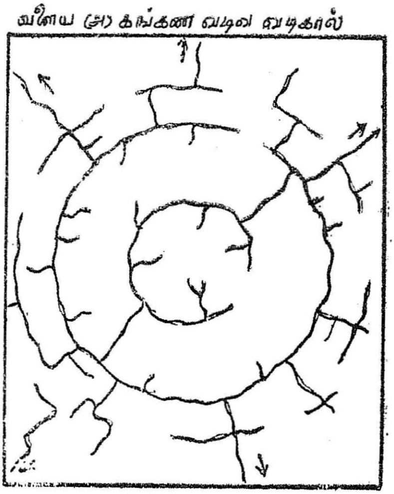
கின்றன. அப்போது கும்மட்டத்தின் மையத்திலிருந்து முதன்மை ஆறுகள் ஆர வடிவில் பாய்கின்றன. இம் முதன்மை ஆறுகள் மென்பாறை அடுக்கை அடையும்போது அவற்றுடன் துணை ஆறுகள் சேருகின்றன. மென்பாறை அடுக்குகள் வட்டமாக



படம் 39: வடிகால் அமைப்பு
(1) கோண வடிவ வடிகால் (2) ஆர வடிவ வடிகால்
(3) இணை வடிவ வடிகால் (4) மையம் நோக்கிய வடிகால்

வெளித்தோன்றியிருப்பதால் அவற்றில் தோன்றும் இத்துணை ஆறுகளும் வட்டமாக தலைத்திசையில் அரித்துச் செல்கின்றன. அப்போது மேலிருந்து பார்க்கும்போது இவை வளையம்போல்

காட்சிதரும். இந்த அமைப்பு வளைய வடிவம் அல்லது கங்கண வடிவம் (annular pattern) எனப்படும் (படம் : 40). இவ்வடிவம் கும்மட்டம் அரிக்கப்பட்டு முதிர்ந்த நிலையில் இருக்கும் போது மட்டுமே தோன்றுகிறது.



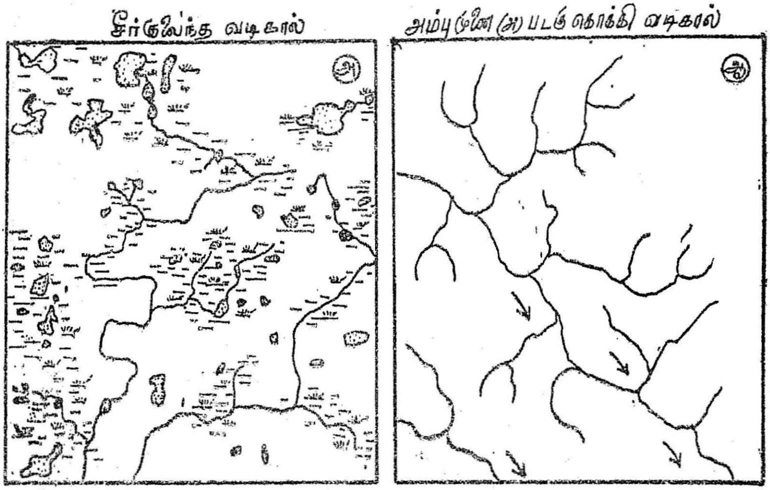
படம் 40. வளைய அல்லது கங்கண வடிவ வடிகால் அமைப்பு.

(6) **மையம் நோக்கிய அமைப்பு :** ஆறுகள் ஒரு மையமான கொப்பரை (basin) அல்லது பள்ளத்தாக்கை நோக்கிக் குவிந்து பாயும் போது மையம் நோக்கிய வடிகால் அமைப்பு ஏற்படுகிறது. சுண்ணாம்புப் பாறையிலுள்ள உறிஞ்சித்துளை (sink hole) எரிமலை வாய், மலையிடைப் பள்ளத்தாக்கு (inter montane basin), பிளையா, (playa) ஆகியவற்றில் இந்த அமைப்பு தோன்றுகிறது.

(7) **இணை வடிவ அமைப்பு :** சரிவு அதிகமுள்ள நிலத்தில் ஆறுகள் பாயும்போது அவை ஏறத்தாழ சீரான இடைவெளியில் ஒன்றுக்கொன்று இணையாகக் காணப்படுகின்றன. உதாரணமாக பனியாற்றின் செய்கையால் தோன்றும் சரிவுமிகுந்த நிலப்பரப்பில் வடிகால் அமைப்பு இணை வடிவத்தில் காணப்படுகிறது.

(8) **அம்பு முனை அமைப்பு:** அம்பு முனை அமைப்பு பொதுவாக நீர்பிரி (watershed) நிலத்திற்கு வெகு அருகாமையில் தோன்றுகிறது. இதில் துணை ஆறுகள் முதன்மை ஆற்றுடன் அம்பு முனை (arrow head) அல்லது படகு கொக்கி (boat hook) வடிவத்தில் இணைகின்றன. இதற்குக் காரணம் நீர் பிரி நிலத்தில் தலைத்திசை அரிப்பினால் ஆற்றுக்கவர்வு (river capture) ஏற்படுவதால் நேர் திசையில் பாயும் துணை ஆறுகள் திசைமாறி கொக்கிபோல் வளைந்து காணப்படுகின்றன. அம்பு முனை அமைப்பு (barbed pattern) பெரும்பாலும் இவ்வாறு தோன்றியதேயாகும் (படம் : 41). இதைத்தவிர நிலம் கீழ்நோக்கி வளைவதாலும், சாய்வதாலும், பனியாறு உருகுவதாலும் அம்பு முனை அமைப்பு ஏற்படுகிறது.

(9) சீர்குலைந்த அமைப்பு: மென் சரிவு கொண்ட நிலத்தில் புதிதாக உறைபனி உருகத் தொடங்கினால், பனி உருகுவதற்கு



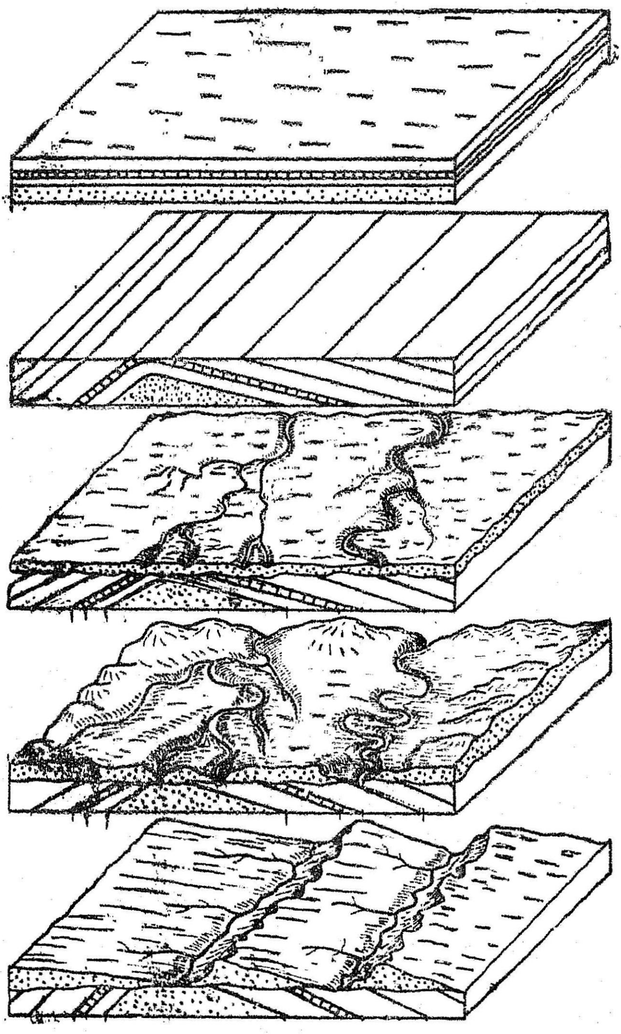
படம் 41: வடிகால் அமைப்பு
(அ) சீர்குலைந்த வடிகால் (ஆ) அம்புமுனை அல்லது படகு கொக்கி வடிகால்

முன்பிருந்த வடிகால் அமைப்பு சீர்குலைந்துவிடுகிறது. புதிய வடிகால் அங்கு ஏற்படுவதற்கு அவகாசம் இருப்பதில்லை. எனவே சீர்குலைந்த ஆறுகள் (deranged rivers) ஒழுங்கற்ற வடிவத்தில் ஏரிகளில் பாய்கின்றன. சீர்குலைந்த ஆறுகளில் சில ஏரிகளி லிருந்தும், சில ஏரிக்குள்ளும் பாய்கின்றன. பனியாற்றின் செய்கையால் தோன்றிய பள்ளங்களே இந்த ஏரிகளாகும். சீர்குலைந்த வடிகால் அமைப்பில் சிறுசிறு துணை ஆறுகள் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. ஆறுகளுக்கு இடைப்பட்ட நிலம் சதுப்பாக இருக்கிறது. இதில் ஆறுகள் நூலிழைபோல் இங்குமங்கும் காணப்படுகின்றன.

மேற் படிந்த வடிகால் (Super imposed drainage)

முதலில் இருந்த பாறையில் தோன்றிய வடிகால் அமைப்பு அப்பாறை அரிக்கப்பட்டு அகற்றப்பட்ட பின்பு அடியிலுள்ள வேறுவகையான பாறையில் அதே போல் படிந்து காணப்படுவது மேற்படிந்த வடிகால் (super imposed drainage) எனப்படும். (படம்: 42). ஒரு குறிப்பிட்ட அமைப்பு கொண்ட பாறையை ஆறுகள் அரித்த பின்பு அதற்கு கீழே புதைந்துள்ள வேறு வகையான அமைப்புக் கொண்ட பாறையை அரிக்கத் தொடங்கு

கின்றன. மேல் அடுக்கில் ஆறுகள் எந்த அமைப்பில் இருந்ததோ அதே அமைப்பை கீழுள்ள அடுக்கிலும் நிலைநாட்டுகின்றன. கீழுள்ள அடுக்கில் மடிப்பு, கும்மட்டம் போன்ற அமைப்புகள்



படம் 42: மேற்படிந்த வடிகால் தோற்றம்.

இருப்பினும் ஆறுகளின் போக்கு அவற்றால் மாற்றமடைவதில்லை. இதன் விளைவாக மடிப்பின் உச்சி, கும்மட்டத்தின் உச்சி ஆகிய வற்றில் ஆறுகள் காணப்படுகின்றன. சில சமயங்களில் அவை

கடினப் பாறைகளையும் அரித்துச் செல்கின்றன. ஆனால் சாதாரண நிலையில் ஆறுகள் கடினப் பாறைகளைத் தவிர்த்திருக்கும். எனவே மேற்படிந்த வடிகாலில் ஆற்றின் போக்கு முதலில் இருந்த பாறையைப் பொருத்து அமைகிறது. இதே போக்கை கீழுள்ள அடுக்கிலும் நிலைநாட்டுகிறது.

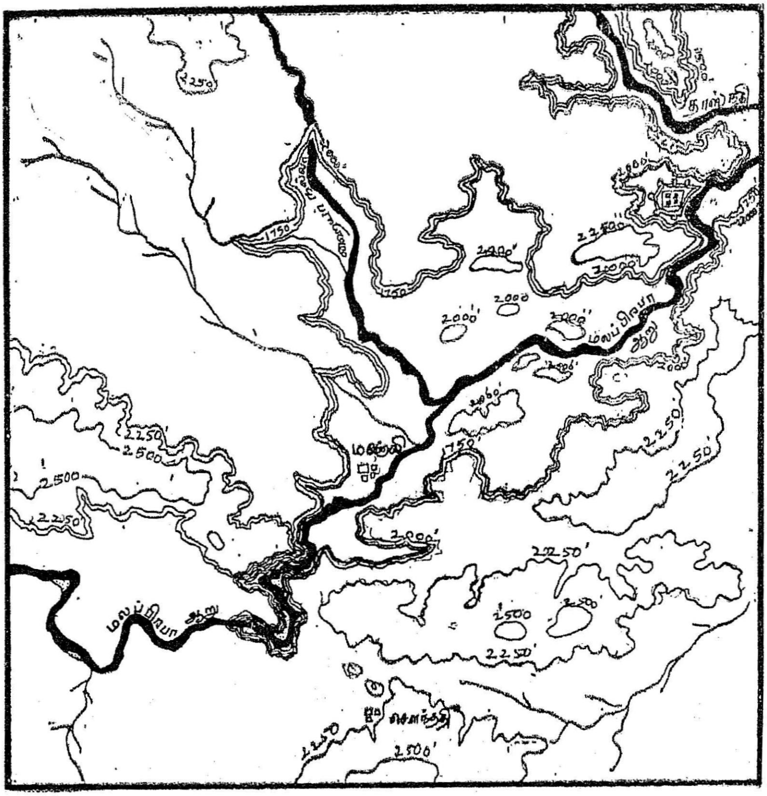
உதாரணமாக கடலிலிருந்து புதிதாக ஒரு நிலம் மேலெழுவதாக வைத்துக் கொள்வோம். இந்நிலத்தின் கீழ்ப்பகுதியில் மடிப்புகள் காணப்படுகின்றன. இம் மடிப்புகளை மெல்லிய படிவுகள் மூடிக் கொண்டிருக்கின்றன. இப்போது படிவுகள் கொண்ட இந்த மேலடுக்கில் ஆறுகள் புதிதாகத் தோன்றுகின்றன. மேலடுக்கு ஒரே மாதிரியான பண்பைப் பெற்றிருப்பதால் இங்கு பல கிளை வடிகால் அமைப்பு தோன்றுகிறது. ஆறுகள் அவற்றின் பள்ளத்தாக்குகளை ஆழப்படுத்தி அரிப்பதால் நாளடைவில் படிவுகள் கொண்ட மேலடுக்கு முற்றிலும் அரிக்கப்பட்டு அகற்றப்படுகிறது. இப்போது கீழே புதைந்துள்ள மடிப்புகள் வெளித்தோன்றுகின்றன. இதில் வடிகால் அமைப்பு எப்படி இருக்கும் என்பதைப் பார்ப்போம். மடிப்புகளில் ஆறுகள் புதிதாகத் தோன்றுமானால் அதில் கொடிப் பின்னல் வடிகால் அமைப்பு தோன்றும். ஆனால் மேற்கூறிய உதாரணத்தில் ஏற்கனவே மேலடுக்கில் தோன்றிய ஆறுகள் பலகிளை வடிவத்தில் மடிப்புகளின் மீது படிவதால் மடிப்புகளில் பலகிளை வடிகால் அமைப்பு காணப்படுகிறது. இது மடிப்பு அமைப்புக்கு ஒவ்வாத வடிகால் அமைப்பாகும். இவ்வாறு பாறை அமைப்போடு இணங்காத வடிகால் அமைப்பு காணப்பட்டால் அது மேற்படிந்த வடிகால் எனப்படுகிறது. மேற்படிந்த வடிகாலுக்கு பிரிட்டனிலுள்ள ஏரி மாவட்டம் (Lake District) சிறந்த உதாரணமாகும். இந்தியாவில் மேற்படிந்த வடிகால் அமைப்பு மத்திய பிரதேசத்தில் சாகர் (Saugar) பகுதியிலும், மஹாராஷ்ட்ராவில் கோலாப்பூரிலும் காணப்படுகிறது (படம் 43).

முந்திய வடிகால் (Antecedent drainage)

நில அசைவுகளால் ஏற்படும் தடைகளால் ஆறுகள் தம் போக்கை மாற்றிக்கொள்ளாமல் பழைய படியே அமைந்திருப்பது முந்திய வடிகால் (antecedent drainage) எனப்படும்.

மலையாக்கப் பகுதியில் நில அசைவினால் ஆறுகளின் குறுக்கே புதிய நீண்ட குன்றுகள் தோன்றுகின்றன. அப்போது ஆறுகள் தம் போக்கை மாற்றிக் கொள்ள வேண்டும். ஆனால் ஆறுகள் அவ்வாறு விலகி செல்லாமல் அத்தடைகளின் குறுக்கே ஆழமான

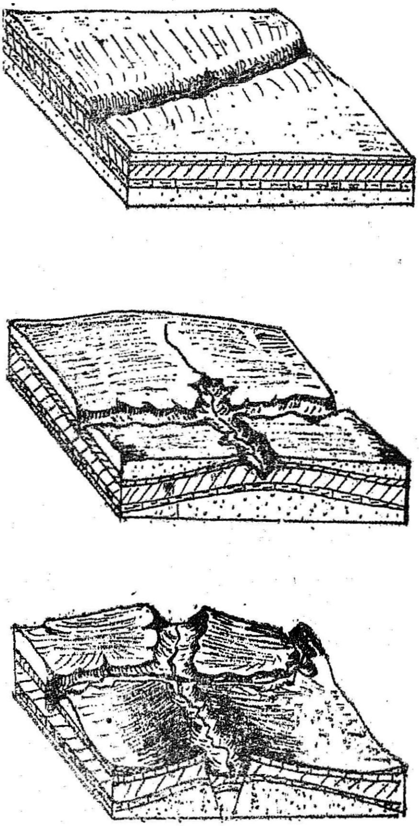
பள்ளத்தாக்குகளை ஏற்படுத்திக் கொண்டு பழைய போக்கிலேயே செல்கின்றன. இவை முந்திய ஆறுகள் எனப்படுகின்றன. நிலம் மேலெழுவதற்கு முன்னமே இவை அங்கு இருந்து வந்ததால்



படம் 43: மஹாராஷ்ட்ராவிலுள்ள கோலாப்பூர் பகுதியில் காணப்படும் மேற்படிந்த வடிகால் (மலப்பிரபா ஆறு)

இப்பெயர் தரப்பட்டது. நில அசைவு மிகவும் மெதுவாக இருப்பதால் நீண்ட குன்றுகள் மெதுவாகவே மேலெழுகின்றன. எனவே மெதுவாக மேலெழும் நீண்ட குன்றில் ஆறு தன் கீழ் நோக்கி அரிக்கும் செயலால் தன் பள்ளத்தாக்கை தக்க வைத்துக் கொள்கிறது. சில சமயம் ஆற்றின் குறுக்கே லாவா மெதுவாக மேலெழுந்து உறைவதால் முந்திய வடிகால் அமைப்பு ஏற்படுகிறது (படம் 44). சில சமயம் நிலம் மெதுவாக கீழ் நோக்கி வளைந்து தாழும் போது அதில் ஆறுகள் வண்டலைப் படிவிக்கின்றன. அப்போது ஆறுகள் தம் பழைய போக்கை மாற்றிக்கொள்ளாமல்

இருக்கின்றன. முந்திய வடிகால் பொதுவாக நில அசைவு உள்ள பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. இதற்கு சிறந்த உதாரணம்



படம்: 44 முந்திய வடிகால் வளர்ச்சி பெறுதல்.

இமய மலைப் பிரதேசத்தில் பாயும் சிந்து, சட்லெட்ஜ், பிரம்மபுத்திரா ஆகிய நதிகளாகும். இந் நதிகள் இமயமலை மேலெழுந்து தோன்றுவதற்கு முன்னரே அப் பகுதிகளில் பாய்ந்து வந்துள்ளன. இமய மலைகள் மேலெழுந்ததால் இந்த நதிகளின் போக்கு மாறவில்லை. நங்கபர்வதத்திற்கு அருகில் சிந்து நதி கடல் மட்டத்திலிருந்து சுமார் 1000 மீட்டர் உயரத்தில் காணப்படுகிறது. ஆனால் அதன் பள்ளத்தாக்கின் சுவர்கள் சுமார் 6600 மீட்டர் வரை உயர்ந்து காணப்படுகின்றன. இமயமலை மேலெழுந்த அதே சமயத்தில் சிந்து நதி கீழ் நோக்கி அரித்ததனால் அங்கு 5600

மீட்டர் ஆழமுள்ள பள்ளத்தாக்கு தோன்றியுள்ளது. தென்னிந்தியாவில் தக்கணத்தில் பாயும் காவிரி ஆறு ஒரு முந்திய ஆறுகும். இது மேற்குத் தொடர்ச்சி மலையின் மேற்கு சரிவில் அரபிக்கடலுக்கு மிக அருகில் உற்பத்தியான போதிலும் மேற்கு திசையில் பாயாமல் மலைத்தொடரை அரித்துக் கொண்டு கிழக்கு நோக்கி மைசூர் பீடபூமியில் பாய்கிறது. இங்கு காவிரி ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கு அழுந்திய ஆற்று வளைவுகளையும், நீர்வீழ்ச்சிகளையும் கொண்டிருப்பது நிலம் மேலெழுந்து புத்துயிர்ப்பு அடைந்ததைக் காட்டுகிறது. எனவே நில அசைவு ஏற்படுவதற்கு முன்பிருந்தே காவிரி ஆறு இங்கு பாய்ந்து வருகிறது என்பதை நாம் உணருகிறோம்.

மேற்படிந்த வடிகால் அமைப்பையும் முந்திய வடிகால் அமைப்பையும் வேறுபடுத்தி அறிவது சற்று சிரமமாகும். குறிப்பாக தலப்படங்களில் இவற்றை ஆராய்ந்து அறிவதற்கு சிறந்த பயிற்சி இருந்தால்தான் முடியும். ஏனெனில் இவை இரண்டிலுமே நிலத்தோற்றங்கள் ஏறத்தாழ ஒரே மாதிரியாகக் காணப்படுகின்றன. உதாரணமாக ராக்கி மலைத்தொடரில் சில பகுதிகளில் விலகிச் செல்ல வழியிருந்தும் சில ஆறுகள் மலைகளில் குறுகிய பள்ளத்தாக்கை ஏற்படுத்திக் கொண்டு அவற்றைக் கடந்து செல்கின்றன. ராக்கி மலைகள் நில அசைவினுல் சமீபத்தில் தோன்றியதால் இந்த ஆறுகளை முந்திய ஆறுகள் என்று நில இயல் அறிஞர்கள் நினைத்தார்கள். ஆனுல் பிற்காலத்தில் நடைபெற்ற ஆராய்ச்சியில் ராக்கி மலைகளின் சில பகுதிகள் வண்டல் படிவினுல் மூடப்பட்டிருந்தது தெரிய வந்தது. எனவே ராக்கி மலைகளைத் தவிர வேறு ஒரு வண்டல் படிவ-அடுக்கு மேல் அடுக்காக இருந்து ஆற்றின் அரிப்பினுல் அகற்றப்பட்டிருப்பது புலனுயிற்று. எனவே இந்த ஆறுகள் மேற்படிந்த ஆறுகள் என்று முடிவு செய்யப்பட்டது. ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கின் இரு புறத்திலுமுள்ள மலைச் சரிவுகளில் குறிப்பிட்ட உயரத்தில் பழைய வண்டல் படிவுகள் காணப்பட்டதாலும், மலைச் சரிவுகளின் எதிர் பக்கங்களில் ஒரே மாதிரியான வண்டல் படிவுகள் காணப்பட்டதாலும் அப்பகுதி முழுவதும் முன்பு வண்டல் படிவுகளால் மூடப்பட்டிருந்தது என்பதைக் காட்டுகிறது. இத்தகைய சான்றுகள் இருந்து பாறை அமைப்புக்கு இணங்காத வடிகால் அமைப்பு காணப்பட்டால் அது மேற்படிந்த வடிகால் என்று முடிவு கொள்ளலாம். இவ்வாறில்லாமல் குறுகிய ஆழமான பள்ளத்தாக்குகளும், அழுந்திய ஆற்று வளைவுகளும் முரண்பாடான பாறை அமைப்பில் காணப்பட்டால் அங்கு முந்திய வடிகால் அமைப்பு தோன்றியுள்ளது என்பதை அறியலாம்.

வடிகால் அடர்த்தி (Drainage density)

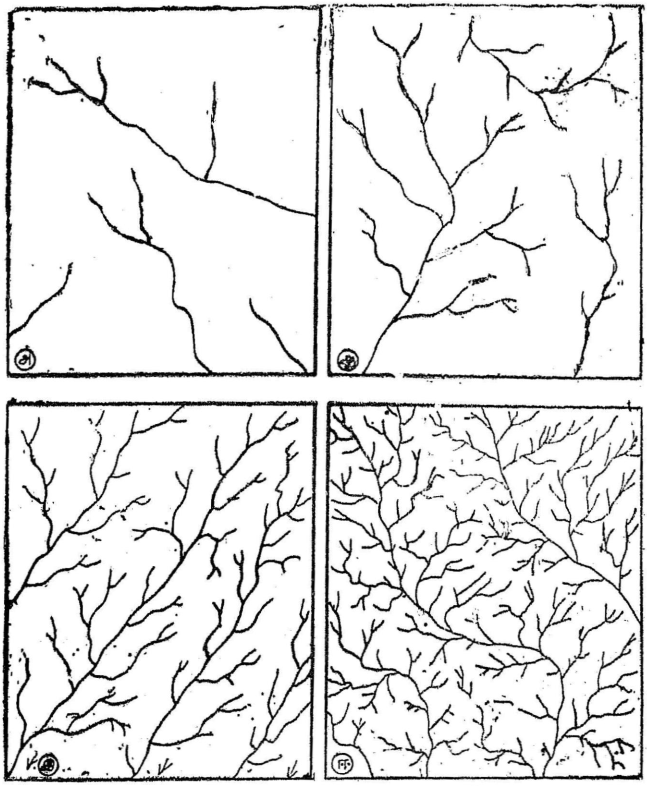
புவியில் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பில் காணப்படும் துணை ஆறுகளின் எண்ணிக்கை, பாறைகளின் தன்மைக்கு ஏற்ப இடத்திற்கு இடம் மாறுகிறது. மழைநீர் தரையில் வழிவதோ அல்லது மண்ணுக்குள் உறிஞ்சப்படுவதோ பாறையின் நீர்புகு (permeability) தன்மையைப் பொருத்துள்ளது. பாறையின் நீர்புகுதன்மை பாறையின் அளவு, அமைப்பு, துகள்களின் பரவல் ஆகியவற்றைப் பொருத்துள்ளது. நீர்புகு தன்மை குறைவாக இருப்பின் நீர்வழிதல் அதிகமாகக் காணப்படும். உதாரணமாக நுண்ணிய துகள்களைக் கொண்ட களிமண், களிப்பாறை (shale) ஆகியவற்றில் நீர்புகு தன்மை குறைவாக இருப்பதால் நீர்வழிதல் அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. நீர் வழிதல் அதிகமாக இருப்பதால் அரிமேடுகள் (gullies) நிறைய தோன்றுகின்றன. இவையே பின்னர் ஆறுகளாக மாறுகின்றன. எனவே ஆறுகளின் எண்ணிக்கை பாறையின் தன்மையைப் பொருத்து அதிகமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ காணப்படுகிறது. ஆறுகள் இவ்வாறு குறிப்பிட்ட இடைவெளியில் பரவியுள்ளதை வடிகால் அமைப்புத் தரம் (drainage texture) என்கிறோம். ஹார்டனின் (Horton) கருத்துப்படி வடிகால் அமைப்புத்தரம் என்பது வடிகால் அடர்த்தியையும் (drainage density), ஆறுகளின் இடைவெளியையும் உள்ளடக்கியதாகும்.

வடிகால் அடர்த்தி என்பது ஒரு வடிகால் நிலத்தில் குறிப்பிட்ட பரப்புக்குள் காணப்படும் ஆறுகளின் மொத்த நீளத்தைக் குறிப்பதாகும். அதாவது வடிகால் நிலத்தில் காணப்படும் ஆறுகளின் மொத்த நீளத்தை வடிகால் நிலத்தின் பரப்பினுல் வகுத்தால் வடிகால் அடர்த்தி கிடைக்கிறது.

$$\text{வடிகால் அடர்த்தி} = \frac{\text{ஆறுகளின் மொத்த நீளம்}}{\text{வடிகால் நிலத்தின் பரப்பு}}$$

வடிகால் அடர்த்தியைக் கணக்கிடுவதன் மூலமாக மழை மிகுந்தப் பகுதிக்கும் வறண்ட பகுதிக்கும் அல்லது நீர்புகு பாறைக்கும் நீர்புகா பாறைக்கும் இடையே உள்ள வடிகால் அடர்த்தி வேறுபாட்டை அறிவது சாத்தியமாகிறது. வடிகால் அடர்த்தியைக் கொண்டு பாறைகளின் அமைப்புத்தரத்தை அறியவும் முடிகிறது (படம் 45). ஓரிடத்தின் வடிகால் அடர்த்தி பாறை வகை, மண், காலநிலை, தாவரம் ஆகியவற்றைப் பொருத்து வேறுபடுகிறது. சுண்ணும்புப்பாறை, சாக்கு, மணல் போன்ற நீர்புகு பாறைகளில் வடிகால் அடர்த்தி குறைவாகக் காணப்படு

கிறது. இதற்கு மாறாக வண்டல் களிமண், களிப்பாறை ஆகிய நீர்புகா பாறைகளில் அடர்த்தி அதிகமாக உள்ளது. வறண்ட



படம் 45. வடிகால் அடர்த்தி
(அ) குறைந்த அடர்த்தி (பெரும் அமைப்புத்தரம்)
(ஆ) நடுத்தர அடர்த்தி (நடுத்தர அமைப்புத்தரம்)
(இ) அதிக அடர்த்தி (நுண்ணிய அமைப்புத்தரம்)
(ஈ) மிக அதிக அடர்த்தி (மிக நுண்ணிய அமைப்புத்தரம்)

பகுதிகளிலும், முதிர்ந்த நிலையிலுள்ள நிலத் தோற்றங்களிலும் வடிகால் அடர்த்தி குறைவாகவும் மழைப் பிரதேசங்களிலும் இளம் நிலையிலுள்ள நிலத்தோற்றங்களிலும் இது அதிகமாகவும் காணப்படுகிறது. உயர் நிலங்களில் மழையளவு அதிகமிருப்பதால் வடிகால் அடர்த்தி அதிகமாக உள்ளது.

வடிகால் அடர்த்தி பெருந்துகள் அமைப்புத்தரம் (coarse texture) கொண்ட பாறைகளில் மிகக் குறைவாக இருக்கிறது. நடுத்தர அமைப்புத்தரம் (medium texture) கொண்ட பாறைகளில்

நடுத்தர அடர்த்தியும், நுண்ணிய அமைப்புத்தரம் (fine texture) கொண்ட பாறைகளில் அதிக அடர்த்தியும், மிக நுண்ணிய அமைப்புத்தரம் (super fine texture) கொண்ட பாறைகளில் மிக அதிக அடர்த்தியும் காணப்படுகிறது. ஒரு சதுர மைல் வடிகால் நிலத்தில் ஆறுகளின் மொத்த நீளம் 10 மைல்களுக்கும் குறைவாக இருப்பின் அந்த இடத்தில் பெரும் அமைப்புத்தரம் கொண்ட மணற் பாறை போன்ற நீர்புகு பாறை இருக்கிறது என்று முடிவு கொள்ளலாம். இதற்கு மாறுக ஒரு சதுர மைல் வடிகால் நிலத்தில் ஆறுகளின் மொத்த நீளம் பல நூறு மைல்களுக்கு இருப்பின் அந்த இடத்தில் நுண்ணிய அமைப்புத் தரம் கொண்ட களிமண், களிப்பாறை, வண்டல் ஆகியவை அமைந்துள்ளன என்று பொருளாகும். இத்தகைய அடர்த்தி மிகுந்த வடிகால் கொண்ட பகுதி கரடு முரடான நிலம் (bad land) எனப்படுகிறது.

ஆற்றுக் கவர்வு (River capture)

ஆற்றுக் கவர்வு என்பது ஒரு ஆறு மற்றொரு ஆற்றை அரித்துத்தாக்கி, அதன் நீரைத் தன்வசம் திருப்பிக் கொள்வதாகும். ஒரு ஆற்றின் பள்ளத்தாக்கு அருகிலுள்ள வேறு ஆற்றின் பள்ளத்தாக்கைவிட தாழ்ந்த மட்டத்தில் அரித்துச் சென்ருல் வேறு ஆற்றின் நீர் இதில் திருப்பிவிடப்பட்டு ஆற்றுக் கவர்வு தோன்றுகிறது. ஆற்றுக்கவர்வை பறித்தல் (piracy), துண்டித்தல் (be-heading) எனவும் அழைப்பதுண்டு.

ஆற்றுக்கவர்வு பொதுவாக கீழ்க்கண்ட காரணங்களினுல் ஏற்படுகிறது.

(1) நீர் பிரிநிலம் இடம் பெயர்தல் (migration of water divide)

(2) பறித்தல் அல்லது கவர்தல் (abstraction)

(3) தலைத்திசை அரிப்பு

(4) பக்கவாட்ட அரிப்பு

(5) அடிநில திசை திருப்பம் (subterranean diversion)

ஆற்றுக்கவர்வு ஏற்படுவதற்கு நீர்பிரி நிலம் (water divide) இடம் பெயர்வது ஒரு முக்கிய காரணமாகும். நீர்பிரி நிலம் என்பது பல்வேறு வடிகால் அமைப்புகளைப் பிரிக்கிற ஒரு உயர் நிலமாகும். நீண்டகுன்று, மலை ஆகியவற்றின் இருபுறங்களிலும்

உள்ள சரிவுகளில் ஆறுகள் பாய்கின்றன. நீண்ட குன்றின் இரு சரிவுகளிலும் பாய்கிற ஆறுகளை அக்குன்றின் உச்சி இரு பகுதி களாகப் பிரிக்கிறது. இவ்வுச்சியே நீர்பிரி நிலமாகும். நீர்பிரி நிலத்தின் இரு சரிவுகளிலும் ஆறுகளின் தலைத்திசை அரிப்பு விகிதம் சமமாக இருந்தால்தான் நீர்பிரி நிலம் அதே இடத்தில் நிலைத்திருக்கும். ஆனால் அரிப்பு விகிதம் மழையளவைப் பொருத்து மாறுவதால் நீர்பிரிநிலத்தின் ஒரு சரிவு மட்டும் வேகமாக அரிக்கப் பட்டு தாழ்கிறது. இதன் விளைவாக நீர்பிரி நிலம் இடம் பெயர் கிறது. இதனை நீர்பிரி நிலம் இடம் பெயர்தல் (migration of water divide) என்கிறோம். இதில் சரிவு அதிகமுள்ள பக்கத்தில் பாயும் ஆற்றுக்கு தலைத்திசை அரிப்புத்திறன் அதிகமாக உள்ளதால் அது நிலத்தை வெகு விரைவில் அரித்து தாழ்த்தி விடுகிறது. ஆனால் சரிவு குறைவாக உள்ள பக்கத்தில் இவ்வாறு நிகழ்வதில்லை. எனவே சரிவு அதிகமுள்ள பக்கத்திலிருந்து சரிவு குறைவான பக்கம் நோக்கி நீர்பிரிமேடு இடம் பெயர்கிறது. இவ் வாறு இடம் பெயர்வதால் சரிவு மிகுந்த பக்கத்திலுள்ள ஆறுகள் மறு பக்கத்திலுள்ள ஆறுகளைத் தம் வசப்படுத்தி திருப்பிக் கொள் கின்றன. இங்கு சரிவு மிகுந்த பக்கத்தில் பள்ளத்தாக்குகள் தாழ்வாக இருப்பதால் மறுபக்கத்திலிருக்கும் ஆற்றுநீர் இதில் வந்து சேருகிறது. இமயமலையிலிருந்து தோன்றும் ஆறுகள் பலவற்றில் இத்தகைய ஆற்றுக் கவர்வு ஏற்பட்டுள்ளது. இமய மலையிலிருந்து வடக்கில் பாயும் ஆறுகள் பல தெற்கில் பாயும் ஆறுகளால் கவரப்பட்டுள்ளன. கங்கையின் துணை ஆறுன பாகிரதியிலும், சிந்து நதியிலும் ஆற்றுக்கவர்வு ஏற்பட்டுள்ளது. நீர்பிரி நிலம் இடம் பெயர்ந்தால் மேற்குத் தொடர்ச்சி மலையின் மேற்கு சரிவில் பாயும் ஆறுகள் கிழக்கு சரிவில் பாயும் ஆறுகளைக் கவர்ந்துள்ளன. உதாரணமாக கர்நாடகத்திலுள்ள ஷர்ராவதி ஆறு, துங்கபத்ராவில் பாயும் ஆறுகளைத் தன்வசப்படுத்தி யுள்ளது.

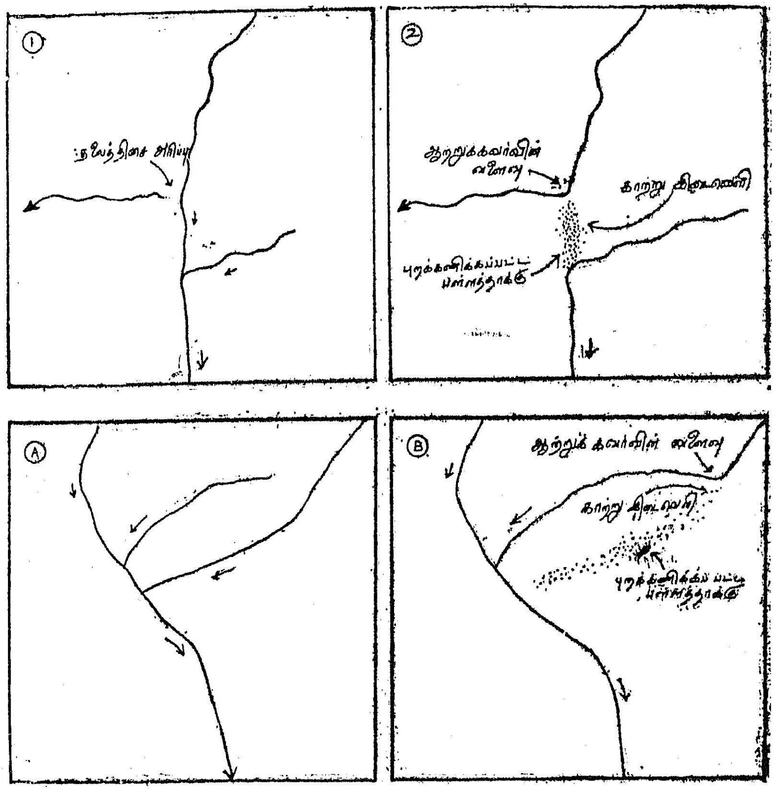
பறித்தல் அல்லது கவர்தல் (abstraction) என்பது சாதாரண மாகக் காணப்படும் ஆற்றுக் கவர்வாகும். அருகருகே உள்ள நீர் அரிபள்ளங்களுக்கும் (gullies), நீர் அரி இடுக்குகளுக்கும் (ravines) இடையே அரிப்பில் ஏற்படும் போட்டியின் விளைவாக இத்தகைய பறித்தல் ஏற்படுகிறது. தலைத்திசை அரிப்பினால் இங்கு ஒரு அருவி மற்றொரு அருவியை அடைந்து அதன் நீரைத் தன்வசம் திருப்பிக் கொள்கிறது. இத்தகைய கவர்வு பொதுவாக கடின மென் பாறை அடுக்குகள் கொண்ட படிவுப் பாறைகளில் ஏற்படு கிறது. இவற்றில் மென் பாறையில் தலைத்திசையில் அரித்து செல்லும் ஆறு அதற்கு செங்கோண திசையில் செல்லும் வேறொரு

ஆற்றை அடைந்து அதன் நீரைத் தன் வசம் திருப்பிக் கொள்வதால் அங்கு கவர்வு ஏற்படுகிறது. கவரப்பட்ட ஆறு அதன் பிற பகுதியிலிருந்து துண்டிக்கப்படுகிறது. துண்டிக்கப்பட்ட ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கு வறண்டு போவதால் அது காற்று இடைவெளி (wind gap) எனப்படுகிறது. கவரப்பட்ட இடத்தில் ஆறு செங் கோணத்தில் வளைந்து காணப்படுகிறது. இது கவர்வின் வளைவு (elbow of capture) எனப்படும். ஆற்றுநீர் கவரப்பட்டதால், கவரப்பட்ட ஆற்றின் கீழ்ப் போக்கில் (lower course) நீரின் கன அளவு வெகுவாகக் குறைகிறது. அப்போது ஆற்றின் அகலம் பள்ளத்தாக்கின் அகலத்தை விட மிகக் குறைவாக இருக்கும். இவ்வாறு பெரிய பள்ளத்தாக்குகளில் மெல்லியதாகப் பாயும் ஆறுகளுக்கு பொருந்தா ஆறுகள் (misfit streams) என்பது பெயர்.

சில சமயங்களில் இணையாகப் பாயும் இரண்டு துணை ஆறுகள் ஒன்றோடொன்று இணையும்போது ஏதாவது ஒரு ஆற்றின் நீர் மற்றொரு ஆற்றுக்கு திருப்பிவிடப்பட்டு கவர்வு ஏற்படுவதுண்டு. குறிப்பாக சொல்லப்போனால் சரிவு மிகுந்த ஆறு சரிவு குறைந்த ஆற்றினால் கவரப்படுகிறது எனலாம் (படம்: 46). தலைத்திசை அரிப்பினால் தோன்றும் ஆற்றுக் கவர்வு இரு காரணங்களினால் ஏற்படுகிறது. முதலாவதாக மென் பாறையில் பாயும் ஆற்றில் தலைத்திசை அரிப்பு சுலபமாக ஏற்படுவதால் அது விரைவில் பிற ஆறுகளை அடைந்து அவற்றைக் கவருகிறது. மென் சரிவில் பாயும் (முதிர் நிலையிலுள்ள) ஆறு, வன் சரிவில் பாயும் (இளம் நிலையிலுள்ள) ஆற்றைவிட தாழ்ந்த மட்டத்தில் இருப்பதால் அது வன் சரிவிலுள்ள ஆற்றைக் கவருகிறது. இத்தகைய ஆற்றுக்கவர்வு குயெஸ்டா, பீடபூமி, சாய்ந்த பிளவு பிண்டங்கள் ஆகிய நிலத்தோற்றங்களில் தோன்றுகிறது (படம்: 47) நீர்பிரி நிலம் இடம் பெயரும்போது இதற்கு மாறாக வன்சரிவிலுள்ள பள்ளத்தாக்கு மறுபக்கத்திலுள்ள மென்சரிவு பள்ளத்தாக்கை விட தாழ்ந்த மட்டத்தில் இருப்பதால் அது மென்சரிவிலுள்ள ஆற்றைக் கவருகிறது.

சமப்படுத்தப்பட்ட முதிர்ந்த பள்ளத்தாக்குகளில் பக்க வாட்ட அரிப்பினால் ஆற்றுக் கவர்வு ஏற்படுகிறது. வளைந்து செல்லும் முதன்மை ஆறு பக்கங்களில் ஊசலாடுவதால் பக்க வாட்ட அரிப்பு ஏற்படுகிறது. அப்போது துணை ஆற்றுக்கும் இதற்கும் இடையிலுள்ள கிளைக் குன்று அரிக்கப்படுகிறது. நடுவிலுள்ள தடை நீங்கியதன் விளைவாக முக்கிய ஆறு துணை ஆற்றுடன் இணைகிறது. அப்போது துணை ஆற்றுநீர் இதில் திருப்பிவிடப்பட்டு கவர்வு ஏற்படுகிறது.

சுண்ணும்புப் பாறை போன்ற நீரில் கரையும் பாறைகள் உள்ள பகுதியில் அடிநில ஆற்றுக் கவர்வு (subterranean stream

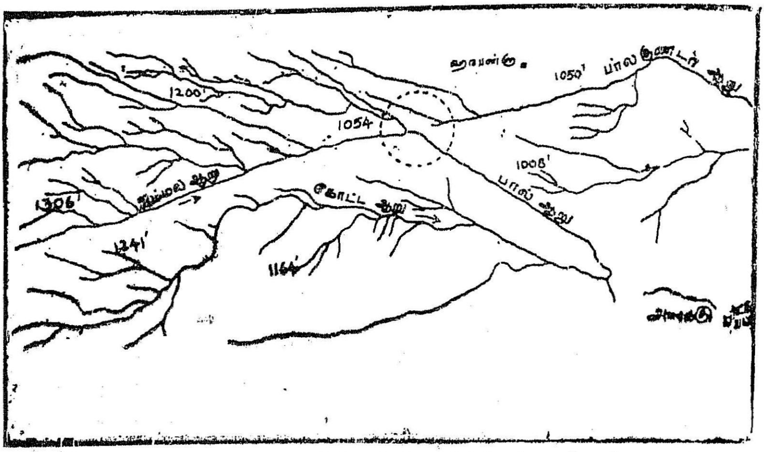


படம் 46. ஆற்றுக் கவர்வு.

(1) (2): தலைத்திசை அரிப்பினுல் ஆற்றுக்கவர்வு ஏற்படுதல்.
(A) (B): துணை ஆறுகளின் நெருக்கத்தால் ஆற்றுக்கவர்வு ஏற்படுதல்.

piracy) ஏற்படுகிறது. சுண்ணும்புப் பாறையில் ஊற்றுக்களும், உறிஞ்சித் துளைகளும் (sink holes) நிறைந்து காணப்படுகின்றன. ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கில் உறிஞ்சித்துளை குறுக்கிட்டால், ஆற்று நீர் அதன் வழியே அடி நிலத்திற்கு சென்று மறைகிறது. எனவே உறிஞ்சித்துளையை அடுத்த பகுதியில் பள்ளத்தாக்கு வறண்டு காணப்படுகிறது. சற்று தொலைவில் ஆற்றுநீர் ஊற்றின் வழி யாக மீண்டும் தரையில் வெளிப்படுகிறது. சில சமயங்களில் நீர் இவ்வாறு வெளிப்படுவதற்கு பதிலாக வேறு திசையில் பாறையைக் கரைத்து துளையை அமைத்துக் கொண்டு அங்கு வெளியேறுவ

துண்டு. இவ்வாறு ஆற்றுநீர் அடிநிலத்தில் திருப்பிவிடப்படு வதை அடிநில ஆற்றுக் கவர்வு என்கிறோம்.



படம் 47. ஆற்றுக் கவர்வு : ஆந்திர பிரதேசத்தில் கர்நூலிலுள்ள பால் ஆறு, பால குண்டா ஆற்றின் நீரைத் தன் வசப்படுத்திக் கொள்ளுதல்.

9. புத்துயிர்ப்பு
(Rejuvenation)

ஆற்றின் அரிப்புச் செயல் புதுப்பிக்கப்படுவதை புத்துயிர்ப்பு (rejuvenation) என்கிறோம். சமப்படுத்தப்பட்ட பள்ளத்தாக்கில் ஆறு அரிக்கும் திறனை முற்றிலும் இழந்து விடுகிறது. அப்போது ஆறு முதிர்ந்த அல்லது முதுமை நிலையை அடைந்த பிறகு ஏதாவது காரணத்தினால் நீரின் கன அளவு அல்லது வேகம் அதிகரிக்கக் கூடும். அப்போது ஆறு அரிக்கும் திறனை மீண்டும் பெறுவதால் அது புத்துயிர்ப்பு பெற்று கீழ்நோக்கி அரிக்கத் தொடங்குகிறது. அச்சமயத்தில் ஆறு இளமை நிலையை அடைகிறது. இவ்வாறு முதிர்ந்த அல்லது முதுமை நிலையிலிருக்கும் ஆறு இளமை நிலையை அடைவதை புத்துயிர்ப்பு என்கிறோம். புத்துயிர்ப்பு ஆற்றின் அரிப்புச் சக்கர சுழற்சியில் குறுக்கிடுகிறது. அதாவது இயல்பான நிலத்தோற்ற வளர்ச்சியை இது பாதித்து புதிய நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குகிறது. உதாரணமாக முதுமை நிலத்தோற்றமான வண்டல் சமவெளியில் இளமை நிலத்தோற்றமான 'V' வடிவ பள்ளத்தாக்குகள் காணப்படலாம்.

புத்துயிர்ப்பு ஏற்படுவதற்கான காரணங்கள்

ஆறு புத்துயிர்ப்பு அடைவதற்கு அதன் அடி மட்டத்தில் (base level) ஏற்படும் மாறுதலே முக்கிய காரணமாகும். ஏனெனில் எப்போதும் அடிமட்டத்திலிருந்துதான் தலைத்திசையை நோக்கி அரிப்பு ஏற்படுகிறது. ஆறு புத்துயிர்ப்பு அடைவதற்கான காரணங்கள் பின் வருமாறு :

(1) நிலம் உயருதல்

(2) கடலடித்தளம் தாழ்தல்

(3) காலநிலை மாற்றம்

(4) ஆறு சேருமிடம் (out let) தாழ்தல்

(5) ஆற்றுக் கவர்வு (river capture)

மேற்கூறிய காரணங்களில் முதல் மூன்றும் கடல் மட்டத்தை பாதிப்பவையாகும். பெரும்பாலான ஆறுகளுக்கு கடல் மட்டமே அடிமட்டமாக இருப்பதால் கடல் மட்டம் தாழும்போது ஆறுகள் புத்துயிர்ப்பு பெறுகின்றன. செங்குத்து விசையினால் நிலம் மேல் நோக்கி உயரும்போது கடல் மட்டம் தாழ்ந்துவிடுகிறது. அப்போது கடல் மட்டத்திற்கும் நிலத்திற்கும் இடையே உள்ள உயர வேறுபாடு அதிகரிப்பதால் நிலத்தின் சாய்மானமும் அதிகரிக்கிறது. எனவே இதுவரை மெதுவாக ஓடிக் கொண்டிருந்த ஆறுகள் இப்போது அதிகவேகத்துடன் பாய்கின்றன. இதன் விளைவாக அவை கீழ் நோக்கி அரிக்கத் தொடங்குகின்றன. பின்னர் அவை புதிய கடல் மட்டத்தை அடி மட்டமாகக் கொண்டு நிலத்தை அரிக்கின்றன.

கடலடித்தளம் தாழ்வதாலும் கடல் மட்டம் குறைகிறது. கடலடித்தளத்தில் பிளவுகள், கீழ்நோக்கி வளைதல் (down warping) ஆகிய நிகழ்ச்சிகள் ஏற்பட்டால் கடல் மட்டம் வெகுவாக குறைந்து ஆறுகள் புத்துயிர்ப்பு பெறுகின்றன.

கடல் மட்டம் குறைவதற்கு மற்றொரு முக்கிய காரணம் கால நிலை மாற்றமாகும். மூன்றாவது யுகம் (Tertiary Era) முடிந்து நான்காவது யுகம் (Quarternary Era) தொடங்கிய காலத்தில் அதாவது பிளைஸ்டோசின் காலத்தில் புவியின் வட கோளார்த்தத்தில் வெப்பம் குறைந்து பல கண்டங்களில் உறைபனி பரவியது. அச்சமயத்தில் மித வெப்ப நிலையிலுள்ள ஐரோப்பாவின் சில பகுதிகளும், வட அமெரிக்காவின் சில பகுதிகளும் பனியாற்றினாலும் பனிவிரிப்பினாலும் மூடப்பட்டிருந்தன. அப்போது கடல் நீரின் ஒரு பகுதி பனிக்கட்டியாக மாறியதால் கடல் மட்டம் வெகுவாகக் குறைந்தது. பிளைஸ்டோசின் பனிக்காலத்தில் (Ice Age) சுமார் 85 மீட்டர் கனத்திற்கு சமமான கடல் நீர் பனிக்கட்டியாக மாறியிருக்கக் கூடுமென கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. புவியில் தற்போது பரவியிருக்கும் பனிக்கட்டிகள் சுமார் 50 மீட்டர் கனமுள்ள கடல்நீர் உறைந்ததன் பயனாக தோன்றியதாகக் கூறப்படுகிறது. எனவே பனிக்காலத்தில் கடல் மட்டம் குறைந்ததால் ஆறுகள் புத்துயிர்ப்பு பெற்றன. பனிக்காலம் முடிந்தவுடன் பனியாறுகள் உருகி ஆற்று நீரின் கன அளவு அதிகரித்ததாலும் ஆறுகள் புத்துயிர்ப்பு பெற்றன.

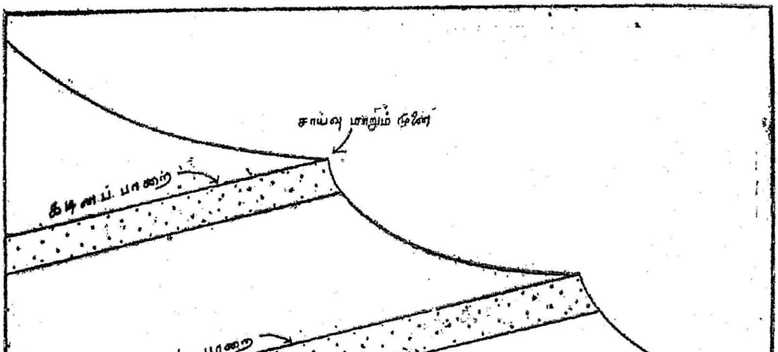
சில சமயங்களில் ஆறு சேரும் வட்டார அடி மட்டமாகிய (local base level) ஏரி, குளம் போன்றவை தாழ்வதாலும் ஆறு புத்துயிர்ப்பு அடைகிறது. சில சமயங்களில் ஆற்றுக்கவர்வினால்

நீரின் கன அளவு அதிகமாகி ஆற்றின் அரிப்புத் திறனும் அதிகமாகி புத்துயிர்ப்பு அடைகிறது.

புத்துயிர்ப்பு அடைவதால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்

சாய்வு மாறும் முனை (Knick point)

ஆறு புத்துயிர்ப்பு அடைவதால் சமப்படுத்தப்பட்ட ஆற்றின் நெடுக்குத் தோற்றத்தில் பலவித மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. புத்துயிர்ப்பு அடைந்ததும் ஆறு புதிய அடிமட்டத்திற்கு நிலத்தை மீண்டும் அரிக்கத் தொடங்குகிறது. ஆற்றின் அரிப்பு புதிய அடிமட்டத்திலிருந்து தொடங்கி தலைத்திசையை நோக்கிச்செல்வதால் நெடுக்குத் தோற்றத்தின் கீழ்ப் பகுதியில் ஒரு புதிய வளைவு (Profile of equilibrium) ஏற்பட்டு பழைய வளைவு சிறிது சிறிதாக மறையத் தொடங்குகிறது. இவ்விரு வளைவுகளும் சந்திக்குமிடத்தில் சாய்மானம் மாறுபடுகிறது. இந்த இடம் சாய்வு மாறும்முனை (Knick point) எனப்படுகிறது. இவ்விடத்தில் நீர்வீழ்ச்சிகள் தோன்றுகின்றன. முன்னர் குறிப்பிட்ட கடினப் பாறை அடுக்கு பள்ளத்தாக்கின் அடித்தளத்தில் செங்குத்தாக இருந்தாலும் இத்தகைய சாய்வு மாறும் முனைகள் தோன்று

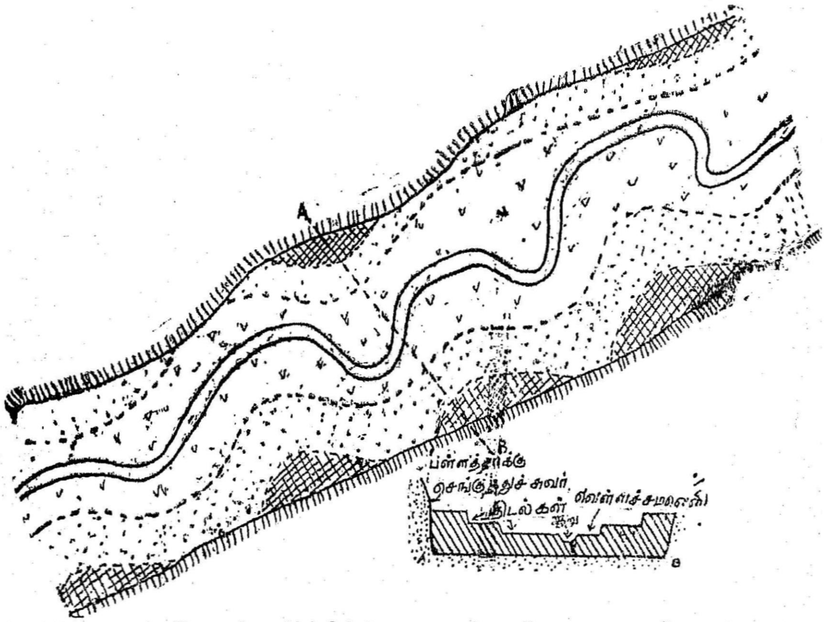


படம் 48. கடினப் பாறையும் சாய்வுமாறும் முனையும்.

கின்றன (படம்: 48). சில ஆறுகளில் பல சாய்வு மாறும் முனைகள் காணப்படும். இவை ஒவ்வொன்றும் ஆறு எத்தனை முறை புத்துயிர்ப்பு அடைந்துள்ளது என்பதைக் காட்டுகிறது. அரிப்பு தொடரும்போது பாறைகளின் கடினத் தன்மைக்கு ஏற்ப சாய்வு மாறும் முனை தலைத் திசையை நோக்கி இடம் பெயர்கிறது;

ஆற்றுத்திடல்

முதுமைப் பருவத்தில் காணப்படும் வெள்ளச் சமவெளியின் இருபுறத்திலும் செங்குத்துச் சரிவுகள் (bluffs) காணப்படு கின்றன. இச் செங்குத்து சரிவுகளின் இடைப்பட்ட பகுதியில் ஆறு வளைந்து செல்கிறது. நிலம் மேலெழும்போது ஆறு புத்துயிர்ப்பு அடைவதால் கீழ்நோக்கி அரிக்கத் தொடங்குகிறது. இச் செய்கையால் பழைய வெள்ளச் சமவெளியின் மீது புதிதாக ஒரு வெள்ளச் சமவெளி தோன்றுகிறது. இது முன்னதைக் காட்டிலும் சற்று ஆழத்தில் உள்ளது. அப்போது ஆற்றின் இரு புறத்திலும் படிபோன்ற திடல் ஏற்படுகிறது. புதிய வெள்ளச் சமவெளியில் இத் திடல்களே செங்குத்து சரிவுகளாக அமை கின்றன. இப்புதிய வெள்ளச் சமவெளி வளைவான ஆற்றின் அகலவாட்ட அரிப்பினால் படிப்படியாக அகலப்படும்போது திடல்

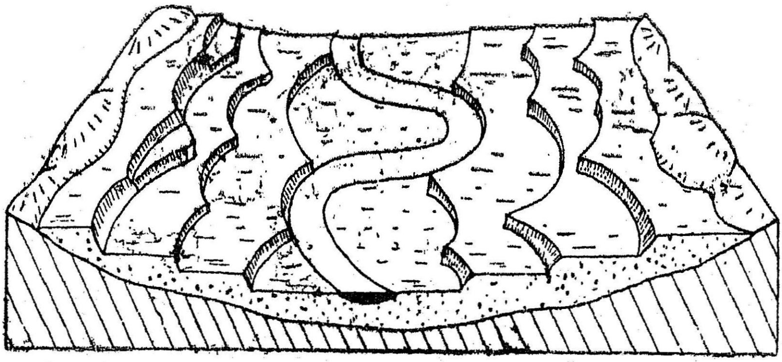


படம் 49. புத்துயிர்ப்பின்போது ஆற்றுவளைவு ஊசலாடுவதால் திடல்கள் தோன்றல்.

அரிக்கப்பட்டு பின்னடைகிறது. ஆற்றின் வளைவிற்கு ஏற்ப திடல்களும் வளைந்து வளைந்து காணப்படுகின்றன. இச் செய்கை மீண்டும் நடைபெறும்போது ஆற்றின் இருபுறத்திலும் இரு திடல்கள் தோன்றுகின்றன (படம் : 49). ஒரே பள்ளத்தாக் கிற்குள் இவ்வாறு பல திடல்கள் தோன்றுவதுண்டு. எல்லா

வற்றிற்கும் மேலுள்ள திடல் மிகவும் பழையதாகும். ஆற்றுத் திடல்களைப் பொதுவாக எல்லா ஆறுகளிலும் காணலாம். புத்துயிர்ப்பு பெற்ற ஆறுகளில் தோன்றும் திடல்கள் இருபுறத்திலும் ஒரே உயரம் கொண்டதாகக் காணப்படுகின்றன.

சில சமயங்களில் ஆற்று வளைவு ஊசலாடி கீழ்த் திசையை நோக்கி இடம் பெயர்வதாலும் பள்ளத்தாக்கில் திடல்கள் தோன்றுகின்றன. வெள்ளச் சமவெளியிலுள்ள மென்மையான வண்டல் படிவுகளை ஆறு கீழ்நோக்கியும், பக்கவாட்டிலும் ஊசலாடி அரிப்பதால் ஒவ்வொரு முறையும் ஆறு கரையை அடையும்போது முன்பிருந்த மட்டத்தை விட தாழ்ந்த மட்டத்தில் காணப்படுகிறது. இவ்வாறு மாறி மாறி தாழ்வதால் திடல்கள் தோன்றுகின்றன (படம் : 50).



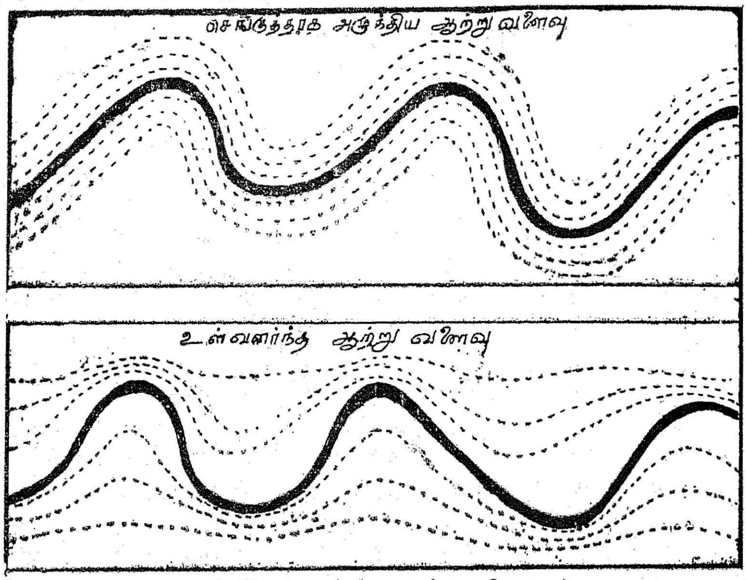
படம் 50. வெள்ளச் சமவெளியும் ஆற்றுத் திடல்களும்

இந்தியாவில் சட்லெஜ், யமுனை, நர்மதை, தபதி ஆகிய ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்குகளில் ஆற்றுத் திடல்கள் நன்கு வளர்ச்சி பெற்றுள்ளன. மேற்கூறிய நதிகளின் திடல்கள் பிளைஸ்டோசின் வண்டல் படிவுகளில் காணப்படுகின்றன. இப்படிவுகள் சுமார் 100 அடி கனம் கொண்டதாகும். சென்னைக்கு அருகிலுள்ள கொற்றலை ஆற்றில் நான்கு திடல்கள் காணப்படுகின்றன.

அழுந்திய ஆற்று வளைவுகள்

வெள்ளச் சமவெளியில் வளைந்து செல்லும் ஆறு புத்துயிர்ப்பு பெற்றால் கீழ்நோக்கி அரிக்கும் திறன் பெற்று அது அதேநிலையில் ஆழப்படுகிறது. இவ்விதம் ஆழப்படுவதால் பழைய வளைவுகளிலேயே மலையிடுக்கு அல்லது குறுகிய பள்ளத்தாக்கு தோன்றுகிறது. இவ்வாறு ஆழப்படும் ஆற்று வளைவுகள் அழுந்திய

ஆற்று வளைவுகள் (incised meanders) எனப்படும் (படம் : 51). அழுந்திய ஆற்று வளைவுகளைச் செங்குத்தாக அழுந்திய வளைவு (entrenched meander), உள் வளர்ந்த வளைவு (ingrown meander) என இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம். மென் பாறை நிலத்தில் மேலெழுதல் விரைவாக இருப்பின் கீழ்நோக்கி அரித்தல் துரிதமாக நடைபெற்று செங்குத்தாக அழுந்திய வளைவு தோன்றுகிறது. இதில் பள்ளத்தாக்கின் பக்கங்கள் சரிவு மிகுந்ததாகவும் சமச் சீர் சரிவு கொண்டதாகவும் காணப்படும். இதற்கு மாறாக கடினமான பாறைகளுள்ள பகுதியில் மேலெழுதல் மெதுவாகவும் படிப்படியாகவும் இருந்தால் கீழ்நோக்கி அரித்தல் மெதுவாக



படம் 51. அழுந்திய ஆற்று வளைவுகள்.

நடைபெறுகிறது. எனவே பக்கவாட்டிலும் அரிப்பு ஏற்படுவதற்கு நேரம் கிடைக்கிறது. இதன் விளைவாக சமச் சீரற்ற சரிவுகள் கொண்ட ஆற்று வளைவு தோன்றுகிறது. இது உள் வளர்ந்த வளைவு எனப்படும். இவ்வளைவில் பள்ளத்தாக்கு அகலமாகவும் ஒரு பக்கம் சரிவு மிகுந்த ஆற்று ஓங்கலும் (river cliff) மறுபக்கம் சரிவு குறைந்தும் அல்லது சறுக்கு சரிவும் (slip off slope) கொண்டிருக்கும். அழுந்திய ஆற்று வளைவை சில சமயம் பள்ளத்தாக்கினுள் பள்ளத்தாக்கு (valley-in-valley) என்றும் கூறுவதுண்டு. நீலகிரியிலுள்ள குந்தா நதியிலும், உத்திரப் பிரதேசத்திலுள்ள ராம்கங்கா நதியிலும் அழுந்திய ஆற்று வளைவுகள் காணப்படுகின்றன.

10. அரிப்புச் சக்கரம்

(Cycle of erosion)

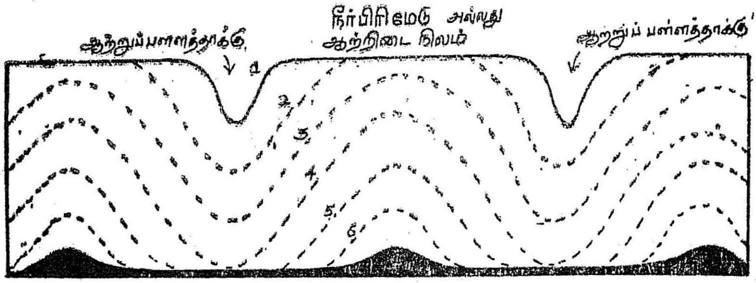
புதிதாக மேலெழுந்த நிலம் வானிலைச் சிதைவு, அரிப்பு, படிதல் ஆகிய செயல்களால் பாதிக்கப்பட்டு நிலத்தோற்றம் படிப்படியான மாற்றங்களை அடைந்து இறுதியில் அடிமட்டத்தை அடைவது அரிப்புச்சக்கரம் (cycle of erosion) எனப்படும். வேறு வகையில் கூறவேண்டுமானால் புதிதாகத் தோன்றிய நிலத்தை கடல் மட்டத்திற்கு அரிப்பதற்கு ஆறுகள் எடுத்துக் கொள்ளும் காலமே (time) அரிப்புச் சக்கரமாகும்.

புவிப் புறவியலில் அரிப்புச் சக்கர கருத்தை முதன்முதலில் அறிமுகப்படுத்தியவர் டேவிஸ் (W. M. Davis) என்ற அமெரிக்க அறிஞராவர். மழைப் பிரதேசங்களில் தோன்றும் நிலத் தோற்றங்கள்யாவும் ஆற்றின் செய்கையாலும், நீர்வழிதலின் செய்கையாலும் தோன்றுவதால் நீரின் அரிப்பை அவர் இயல் பான அரிப்பு (normal erosion) என்றார். எனவே ஆற்றின் அரிப்புச் சக்கரத்தை நாம் இயல்பான அரிப்புச் சக்கரம் (Normal cycle of erosion) என்கிறோம்.

இயல்பான அரிப்புச் சக்கரத்தில் நிலத்தோற்றங்கள் தொடர்பு வரிசையான படிநிலைகளில் வளர்ச்சிபெற்று மாறுதல் களை அடைகின்றன. இந்த வளர்ச்சியை நாம் மூன்று முக்கிய நிலைகளாக வகைப்படுத்தலாம். அவை (1) இளம் நிலை (2) முதிர் நிலை (3) முதுமை நிலை ஆகியவையாகும்.

அரிப்புச் சக்கர கருத்தை எளிதாக புரிய வைப்பதற்காக டேவிஸ் சில நில அமைப்புகளை கற்பனையாகக் கொண்டு விளக்கினார். உதாரணமாக மழைப் பிரதேசத்தில் கடலுக் கடியிலிருந்து ஒரு புதிய நிலம் வெகு துரிதமான வேகத்தில் மேலெழுந்து வருவதாகவும் அதில் ஆறுகள் அரிப்புச் சக்கரத்தை துவக்குவதாகவும் அவர் விளக்கினார். கீழ்வரும் பகுதியில் அவருடைய அரிப்புச் சக்கர வளர்ச்சியையும், அதன் ஒவ்வொரு

நிலையிலும் காணப்படும் நிலத்தோற்றங்களையும் பார்ப்போம் (படம் : 52).



படம் 52. அரிப்புச் சக்கரத்தில் பலவேறு நிலைகளில் பள்ளத்தாக்கின் குறுக்குத் தோற்றத்தைக் காட்டும் படம்.
1, 2: இளம்நிலை, 3, 4: முதிர்நிலை, 5, 6: முதுமைநிலை.

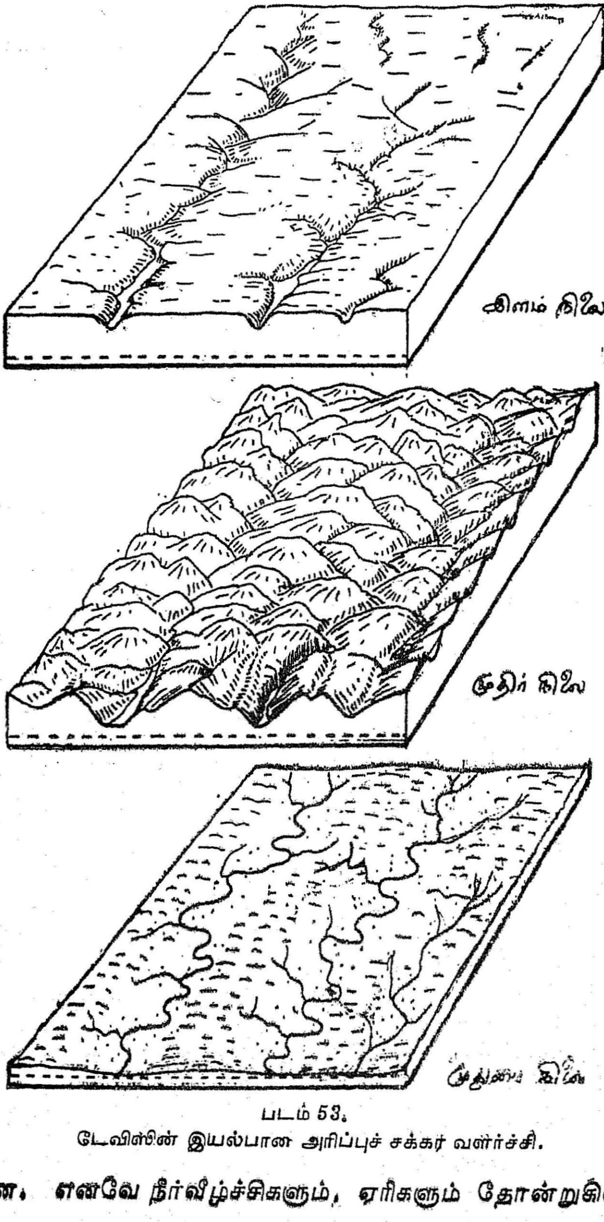
முதல் நிலம் (Initial Surface)

கடலுக்கு அடியிலிருந்து ஒரு புதிய நிலம் உயர்த்தப்பட்டு மேலெழுந்து வருகிறது. கடல் மட்டத்திற்குமேல் நிலம் தோன்றியவுடன் அதில் அரிப்புச் செயல் தொடங்குகிறது. இதுவே முதல் நிலமாகும். இந்நிலம் உயர்த்தப்படும் வேகம் அரிக்கப்படும் வேகத்தைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பதால் முதல் நிலத்தின் பெரும்பகுதி கடல் மட்டத்திற்குமேல் காணப் படுகிறது. இப்போது நிலம் மேலெழுதல் நின்றுபோகிறது. இப்புதிய நிலத்தில் ஆறுகள் நிலத்தை கடல் மட்டத்திற்கு அரிக்கத் தொடங்குகின்றன. முதல் நிலம் பல்வேறு மாற்றங்களை அடைந்து முதலில் இளமை நிலையையும், பின்பு படிப்படியாக முதிர்ந்த நிலையையும் இறுதியில் முதுமை நிலையையும் அடைகிறது. ஒவ்வொரு நிலையிலுமுள்ள நிலத்தோற்றங்களையும் அவை அடையும் மாற்றங்களையும் கண்டறிவதுதான் அரிப்புச் சக்கரத்தின் அடிப்படை நோக்கமாகும் (படம் : 53).

இளம் நிலை

முதல் நிலத்தில் ஏற்கனவே இருந்த மேடுபள்ளங்களினாலோ அல்லது மேலெழுந்ததாலோ நிலம் போதுமான அளவு சரிவு கொண்டதாக காணப்படுகிறது. எனவே இதில் வளைவுகள் தோன்றுகின்றன. இளம் நிலையில் ஆற்றிடை நிலம் அல்லது நீர்பிரி மேடு (interfluves) தட்டையான சிகரங்களைக் கொண்டதாகக் காணப்படுகிறது. ஆறுகளின் கீழ்நோக்கி அரித்தலினால் பள்ளத்தாக்குகள் 'V' உருவில் காணப்படுகின்றன. இவை புறம் குவிந்த (convex) சரிவுகளைக் கொண்டுள்ளன. ஆற்றின் கீழ்

நோக்கி அரித்தலும், தலைத்திசை அரிப்பும் தீவிரமாக இருப்ப தால் பள்ளத்தாக்குகளில் மேடுபள்ளங்கள் அதிகம் காணப்படு



படம் 53.
டேவிஸின் இயல்பான அரிப்புச் சக்கர வளர்ச்சி.

கின்றன. எனவே நீர்வீழ்ச்சிகளும், ஏரிகளும் தோன்றுகின்றன.

துணை ஆறுகள் துரிதமாக வளர்ச்சி பெறுவதால் ஆற்றுக்கவர்வு பொதுவாகக் காணப்படுகிறது; பள்ளத்தாக்கு நிலையான தன்மையைப் பெறுகிறது. பள்ளத்தாக்குகளின் இடையில் (நீர்பிரிநிலம்) முதல் நிலம் பரந்து தட்டையாகக் காணப்படுகிறது. ஆறுகள் ஆழப்படுவதோடு அகலப்படுவதாலும் நீர்பிரிநிலம் (ஆற்றிடை நிலம்) பின்னடைகிறது. பள்ளத்தாக்கு அகலமாவதால் நீர்பிரி மேடு படிப்படியாக குறுகி இளம் நிலத்தோற்றம் உச்சநிலையை அடைகிறது. இளம் நிலையில் பள்ளத்தாக்குகள் சமநிலையை அடையும்வரை ஆறுகள் கீழ்நோக்கி அரித்து நிலத்தோற்றத்தை அதிகரிக்கச் செய்கின்றன. இந்நிலைவரை முதல் நிலத்தின் சுவடுகள் அழியாமல் இருக்கின்றன. நீர்பிரிமேடு குறுகித் தாழ்வதினுல் முதல் நிலம் படிப்படியாக அரிக்கப்பட்டு மறைகிறது. முதல் நிலத்தின் கடைசி சுவடுகள் மறைந்த உடனேயே நிலத்தோற்றம் இளமை நிலையிலிருந்து முதிர்ந்த நிலையை அடைந்ததாகக் கருதப் படும்.

முதன்மை ஆறும் அதன் துணை ஆறுகளும் தம் பள்ளத் தாக்கை சமப்படுத்தியவுடன் இளம் நிலையிலிருந்து முதிர்நிலையை அடைகின்றன. சமப்படுத்திய நிலத்தில் ஆறுகள் வெள்ளச் சமவெளியை ஏற்படுத்தத் தொடங்குகின்றன. எனவே வெள்ளச் சமவெளி தோன்றுகிற சுவடு தெரிந்தால் முதிர்நிலை தொடங்கி விட்டது என்பது பொருளாகும். இளம் நிலையிலிருந்து முதிர் நிலையை அடையும்போது முதன்மை ஆறும், துணை ஆறுகளும் அவற்றின் பள்ளத்தாக்குகளை சமப்படுத்துகின்றன. பள்ளத் தாக்கின் நெடுகிலும் காணப்பட்ட ஏரிகளும், நீர் வீழ்ச்சிகளும் அரிக்கப்பட்டு அகற்றப்படுகின்றன. மலையிடுக்குகள் பக்கவாட்ட அரிப்பினுல் 'V' உருவத்தை அடைகின்றன.

ஆனுல் டேவிஸ் கருத்துப்படி மிக உயர்ந்த நிலத்தோற்றங் களில் பள்ளத்தாக்கின் சரிவுகள் சமப்படுவதற்கு முன்பே முதல் நிலத்தின் சுவடுகள் மறைந்து முதிர் நிலை ஏற்படுகிறது. இதற்கு மாருக தாழ்ந்த நிலத்தோற்றங்களில் முதல் நிலத்தின் சுவடுகள் மறைவதற்கு முன்பே பள்ளத்தாக்கின் சரிவுகள் சமப்படுத்தப்பட்டு முதிர் நிலையை அடைகின்றன. சுமாரான உயரங்கொண்ட நிலத்தோற்றத்தில் மட்டுந்தான் முதல் நிலத்தின் சுவடுகள் மறைவதும் பள்ளத்தாக்கு சமப்படுதலும் ஒரே சமயத்தில் நடைபெறு கிறது. எனவே அரிப்புச் சக்கரத்தில் ஒவ்வொரு நிலையையும் பிறித்தறிவதற்கு ஆற்றின் தன்மை, சரிவு முதல் நிலம் ஆகிய வற்றை ஆராய்தல் அவசியமாகும்.

நிலம் மேலெழும் வேகத்தைப் பொருத்து பள்ளத்தாக்கு அரிக்கப்படுகிறது. மேலெழுதல் மிகவும் துரிதமாக இருப்பின் இளம் பள்ளத்தாக்குகள் மிகவும் குறுகலாகவும் சரிவு மிகுந்த பக்கங்கள் கொண்டதாகவும் காணப்படும். மேலெழுதல் மெதுவாக நடைபெற்ருல் பள்ளத்தாக்கில் பக்கவாட்ட அரிப்புக்கு அவகாசம் கிடைக்கிறது. எனவே பள்ளத்தாக்குகள் அகன்றதாகக் காணப்படுகின்றன. மேலெழுதல் மெதுவாக நடைபெறும் போது கீழ்நோக்கி அரித்தல் முற்று பெறுவதற்கு முன்னரே பக்கவாட்ட அரிப்பு தீவிரமடைகிறது. எனவே நிலத்தோற்றம் இளமை நிலையைக் கடப்பதற்கு முன்னரே முதிர்நிலையை அடைந்து விடுகிறது. இத்தகைய பள்ளத்தாக்கில் மினர்வா போன்று (Minerva like) முதிர்நிலையில் அரிப்புச் சக்கரம் தொடங்குகிறது என்று டேவிஸ் குறிப்பிடுகிருர்.

முதிர் நிலை

முதிர் நிலையின் தொடக்கத்தில் நீர்பிரி மேடுகள் பள்ளத்தாக்கின் படுக்கையிலிருந்து உச்ச உயரத்தில் காணப்படுகின்றன. பள்ளத்தாக்குகளும் உச்ச அளவிற்கு அகலப்பட்டு காணப்படுகின்றன. இந்நிலையில் நிலத்தோற்றம் உச்ச நிலையிலுள்ளது. இதன் பிறகு மேட்டு நிலங்கள் மெதுவாக அரிக்கப்பட்டு தாழத் தொடங்குகின்றன. இந்நிலையில் சில துணை ஆறுகள் புதிதாகத் தோன்றி வடிகால் பரப்பை அதிகரிக்கச் செய்கின்றன.

ஆற்றின் பக்கவாட்ட அரிப்பு, நிலம் மழுங்குதல், மண் சரிதல், பருப்பொருள் அசைதல், வானிலைச் சிதைவு ஆகியவற்ருல் நீர் பிரி மேட்டின் மேல் பகுதி வட்டமாக புறம் குவிந்த வடிவத்தில் அமைகிறது. கீழ்நோக்கி அரித்தல் நின்று போவதால் இந்த அமைப்பு தோன்றுகிறது. நீர்பிரி மேட்டின் கீழ்ப் பகுதி நீரின் அரிப்பினுல் உட்குழிந்த வடிவத்தில் காணப்படுகிறது. பக்கவாட்ட அரிப்பினுல் ஆற்றுக் கவர்வு ஏற்பட்டு இரு வடிகால் கொப்பரைகளும் இணைகின்றன. இது வடிகால் ஒருமைப்பாடு (integration of drainage) எனப்படும்.

பக்கவாட்ட அரிப்பு தொடர்வதால் ஆற்று வளைவுகளும் வெள்ளச் சமவெளிகளும் தோன்றுகின்றன. பின்பு ஆற்றுப் படுகையின் அகலமும், ஆற்று வளைவு மண்டலத்தின் (meander belt) அகலமும் சமமாக உள்ளது. இப்போது புறம் குவிந்த சரிவு கொண்ட நீர் பிரி மேடு (ஆற்றிடைக் குன்று) உட் குழிந்த சரிவைக் கொண்டதாக மாறுகிறது. ஆகையால் பள்ளத்தாக்கின் கீழ்ப் பகுதி அகலமாகக் காணப்படுகிறது. அரிக்கப்பட்ட நீர் பிரிமேடு (ஆற்றிடைக் குன்று) வட்டமாக காணப்படுகிறது.

இளம் நிலையில் முதல் நிலத்தாலான நீர்பிரிமேடு தட்டையாக இருந்ததெனில், முதிர்ந்த நிலையில் ஆற்றின் படுகை தட்டையாக இருக்கிறது. முதிர்ந்த நிலையின் இறுதியில் நீர்பிரிமேடு (inter-fluves) நன்கு அரிக்கப்பட்டு வட்டமான சிகரங்களாக மாறுகின்றன. முதிர் நிலையில்தான் ஆற்றின் வடிகால் அமைப்புக்கும் பாறையின் தன்மைக்கும் உள்ள பிணைப்பு முழுமையாக வெளிப்படுகிறது.

ஆற்றின் அரிப்பினாலும், வானிலைச் சிதைவினாலும் தோன்றிய பாறைத் துகள்கள் நிலப்பரப்பு முழுவதும் பரவிக் காணப்படுகின்றன. சரிவுகளில் அவை படிந்துள்ளதால் சரிவுகளின் சாய்மானம் குறைந்து காணப்படுகிறது. இக்கட்டத்தில் அரிப்புச் சக்கரம் முதிர்ந்த நிலையிலிருந்து முதுமை நிலையை அடைகிறது.

முதுமை நிலை

முதிர் நிலையிலிருந்து முதுமை நிலையை அடையும் கட்டத்தை நாம் தெளிவாக பிரித்தறிய முடியாதெனினும் முதுமை நிலையில் ஆற்றின் படுகை ஆற்று வளைவு மண்டலத்தைப் போல் பல மடங்கு அகலம் கொண்டதாகக் காணப்படுகிறது. ஆறுகளில் பக்கவாட்ட அரிப்பைத் தொடர்ந்து படிதல் ஏற்படுகிறது. கடலுக்கு அருகில் வெள்ளச் சமவெளிகளைப் பிரிக்கிற நீர்பிரி மேடு படிப்படியாக குறைந்து இறுதியில் சம நிலமாகிறது. எனவே வெள்ளச் சமவெளிகள் ஒன்றாக இணைகின்றன. இச்சம நிலத்தில் லேசாக மேடு பள்ளங்கள் காணப்படுகின்றன. அரிப்பாலான இச்சமநிலம் பெனிப்பிளேன் அல்லது ஏறத்தாழ சமநிலம் (peneplain) எனப்படுகிறது.

முதுமை நிலையில் நிலத்தோற்றம் படிப்படியாக மழுங்கி (subdued) விடுவதால் சரிவுகளில் கனத்த படிவுகள் படிந்து பாறைகளை வானிலைச் சிதைவிலிருந்து பாதுகாக்கின்றன. இவ்வாறு படிந்த பொருட்கள் நுண்ணியதாகிக் கொண்டே வருவதால் படிவுகளின் சரிவு குறைந்து கொண்டே வருகிறது. நிலத்தோற்றங்களின் அமைப்புக்கு காரணமான பாறைகளை இப்படிவுகள் மூடிவிடுகின்றன. எனவே பாறையின் அமைப்பு வடிகால் அமைப்பைக் கட்டுப்படுத்துவதில்லை.

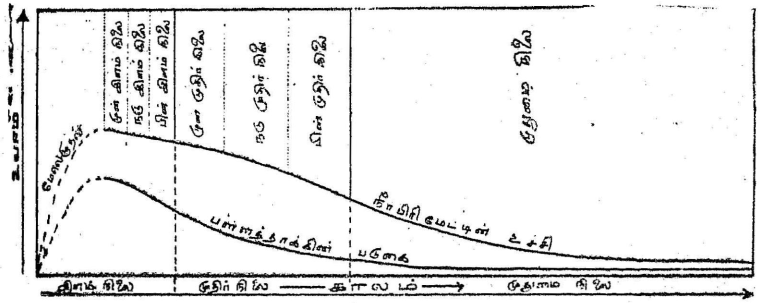
நிலத்தோற்றம் உயரத்தில் குறைவதால் அங்கு மழையளவு குறைகிறது. வண்டல் படிவுகள் படிந்து கனமாவதால் நீர்புகு தன்மை அதிகரிக்கிறது. இதன் விளைவாக நீர் வழிதல் குறைந்து ஆறுகளில் நீரின் கன அளவு குறைகிறது. அவற்றின் நீளமும் குறைகிறது.

பெனிப்பிளேன் சமநிலத்தில் நீர்பிரி மேட்டின் கடினமான பகுதிகள் (கிரானைட், பாத்தோலித்) அரிக்கப்படாமல் தனித்த குன்றுகளாகக் காட்சியளிக்கின்றன. இவை ஒற்றை மலை (Monadrocks) எனப்படும்.

அரிப்புச் சக்கரத்தின் இறுதிநிலையில் நிலத்தோற்றம் சமதள மாக்கப்பட வேண்டும். ஆனால், இது ஆறுகளால் ஏற்படுத்த முடியாது. ஏனெனில், சமதளத்தில் ஆறுகள் பாய்வதற்குத் தேவையான சரிவு இருக்காது. நிலத்தில் வந்துசேரும் மழை நீரையும், ஆற்றுப் படிவையும் கடலில் சேர்ப்பதற்குச் சரிவு தேவைப்படுகிறது. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட சரிவு இருக்கும் வரைதான் ஆறு தன் பணிகளைச் செய்துவரும். அப் பணிகளைச் செய்ய வேண்டுமாதலால் ஆற்றினால் ஒரு முழுமையான சம நிலத்தைத் தோற்றுவிக்க முடியாது.

டேவிஸின் அரிப்புச் சக்கர வரைபடம்

அரிப்புச் சக்கரக் கருத்தை டேவிஸ் ஒரு வரைபடத்தின்மூலம் விளக்குகிறார் (படம் 54). அவருடைய வரைபடத்தில் கிடை அச்சில் காலமும் (time), செங்குத்து அச்சில் நிலத்தின் உயரமும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இதில் காலத்தையும், உயரத்தையும் இரு மாறிகளாக (variables) வைத்து இரு வளைகோடுகள் (curves) வரையப்பட்டுள்ளன. இதில் புள்ளியிட்ட கோடுகள் நிலம் மேலெழுந்ததைக் குறிக்கின்றன. A என்ற புள்ளி மேலெழுந்த பகுதியின் சராசரி உயரத்தையும், B என்ற புள்ளி ஆற்றினால்



படம் 54. டேவிஸின் அரிப்புச் சக்கர வரைபடம்

அரிக்கப்பட்டுத் தாழ்ந்த பகுதியின் சராசரி உயரத்தையும் குறிக்கின்றன. அதாவது பள்ளத்தாக்கின் உச்சியை A எனவும், பள்ளத்தாக்கின் படுகையை B எனவும் கொள்ளலாம். AB என்ற செங்குத்து உயரம், முதல் நிலத்தோற்றத்தைக் (initial relief) குறிக்கிறது.

டேவிஸ் அரிப்புச் சக்கரக் கொள்கையில் புதிய நிலம் மிகவும் துரிதமாக மேலெழுகிறது என்பது குறிப்பிடத்தக்கதாகும். இப் புதிய நிலத்தை ஆறுகள் தோன்றி அரிப்பதற்கு முன்னரே மேலெழுதல் நின்றுபோகிறது. இது அசைவற்ற காலம் (still stand) எனப்படுகிறது. மேலெழுதல் நின்ற பின்புதான் ஆறுகள் நிலத்தை அரித்து அரிப்புச் சக்கரத்தைத் தொடங்கிவைக்கும்.

அரிப்புச் சக்கரத் தொடக்கத்தில் பள்ளத்தாக்கின் படுகை துரிதமாக ஆழப்படுகிறது. பள்ளத்தாக்கின் உச்சி எவ்வித மாற்றமும் அடையாமல் இருக்கிறது. எனவே, நிலத்தோற்றம் (relief) அதிகரிக்கிறது. இதனை வரைபடத்தில் பிரிந்து செல்லும் கோடுகள் குறிக்கின்றன. முதல் நிலத்தின் கடைசிச் சுவடு மறையும் போது நிலம் முதிர்நிலையை அடைகிறது. அப்போது நிலத் தோற்றம் உச்ச உயரத்தில் காணப்படுகிறது. இதனை CD என்ற கோடு குறிக்கிறது. இதன்பிறகு கீழ்நோக்கி அரித்தல் குறை வதால் பள்ளத்தாக்கு ஆழப்படும் வேகத்தைக் காட்டிலும் ஆற்றிடைக் குன்றுகள் (நீர் பிரி நிலம்) அதிவிரைவில் உயரத்தில் குறைகின்றன. நிலத்தோற்றம் உயரத்தில் குறைவதால் இரு வளைகோடுகளும் ஒன்றையொன்று நெருங்கி வருகின்றன.

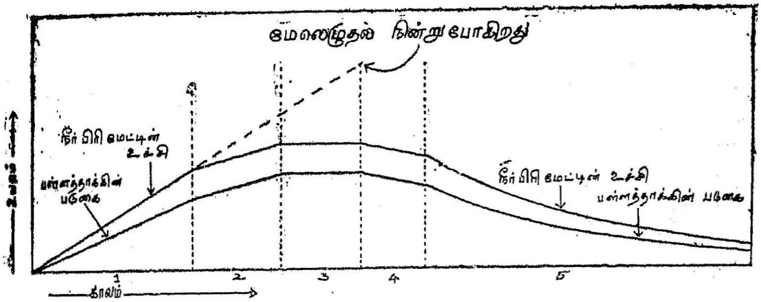
அரிப்புச் சக்கரத்தின் கடைசிக் கட்டத்தில் இவ்விரு வளைகோடு களும் மிக நெருக்கத்தில் செல்கின்றன. இது நிலத்தோற்றம் மேலும் அரிக்கப்பட்டுக் குறைவதைக் காட்டுகிறது. இறுதிக் கட்டத்தில் அரிப்பு நின்றுபோவதால் பள்ளத்தாக்கின் உச்சிப் பகுதி அதன் படுகை மட்டத்திற்கு அரிக்கப்பட்டுச் சம நிலமாவ தற்கு நீண்டகாலம் ஆகிறது. அதனால்தான் வரைபடத்தில் இரு வளைகோடுகளையும் நீட்டினால் அவை வெகு தூரத்திற்கப்பால் இணைகின்றன.

அரிப்புச் சக்கரம்-பெங்கின் கருத்து

வால்தர் பெங்க் (Walther Penck) என்ற ஜெர்மன் நாட்டு புவி அமைப்பியல் அறிஞர், டேவிஸ் அரிப்புச் சக்கரக் கருத்துக்கு எதி ராகச் சில கருத்துகளைத் தெரிவித்தார்; புவியோட்டின் அசைவுச் செய்முறைகளைப் புரிந்துகொள்வதற்கு உதவிசெய்யும் வகையில் நிலத்தோற்ற ஆராய்ச்சிகள் இருக்கவேண்டுமென பெங்க் கருதினார்.

பெங்க் அரிப்புச் சக்கரத்தில் நிலத்தோற்றங்கள் உருவா வதற்கு ஓடும் நீரைத் தவிர வானிலைச் சிதைவும், மழை நீர்

வழிதலும் முக்கியப் பங்கு வகிக்கின்றன. இவர் கருத்துப்படி நிலம் மேலெழுதலின் வேகம் சீராக இல்லாமல் அதிகரித்தும் குறைந்தும் காணப்படுகிறது. எனவே, நிலம் மேலெழும் வேகத்தைப் பொறுத்துப் பள்ளத்தாக்கின் சரிவு நேராகவும், புறம் குவிந்தும், உட்குழிந்தும் காணப்படுகிறது. நிலத்தோற்றங்களைப் புரிந்து கொள்வதற்கு மலைச்சாரலிலுள்ள சரிவு (hillside slope) எந்த வகையில் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது என்பதை முதன் முதலில் வெளியிட்டவர் பெங்க் ஆவார் (படம் 55).



படம் 55. பெங்கின் அரிப்புச் சக்கர வரைபடம்

முதல் நிலம்

பெங்க் கருத்துப்படி ஒரு தாழ்நிலம் பெரிய அளவில் மேல் நோக்கி உந்தப்பட்டு (up heaval) ஒரு கும்மட்டமாக (dome) மாறுகிறது. நிலம் மேலெழுதல் சுமாரான வேகத்துடன் நீண்ட காலத்திற்குத் தொடர்வதால் இக் கும்மட்டம் தோன்றுகிறது. நிலம் அரிக்கப்படுகிற வேகம் அது மேலெழுகிற வேகத்தைவிட அதிகமாக இருப்பதால் நிலத்தோற்றம் உயர்ந்து காணப்படவில்லை. இந் நிலையில் ஒரு தாழ்ந்த மேடு பள்ளமற்ற சமநிலம் தோன்றுகிறது. இதனை அவர் பிரைமாரம்ஃப் (Primarrumpf) என்றழைத்தார். எனவே, பிரைமாரம்ஃப் என்பது பெங்க் அரிப்புச் சக்கரத்தின் முதல் நிலமாகும். இந் நிலம் மேலெழுகிற வேகத்தைப் பொறுத்துப் பல்வேறு மாற்றங்களை அடைகிறது. அவை பின்வருமாறு :

(1) பிரைமாரம்ஃப் (Primarrumpf): முதல் நிலம்.

(2) ஆஸ்டிகென்டே என்ட்விக்லுங் (Aufsteigende entwicklung).

(3) கிளைக்ஃபார்மிகே என்ட்விக்லுங் (Gleichformige entwicklung).

(4) அப்ஸ்டிகென்டே என்ட்விக்லுங் (Absteigende entwicklung).

(5) என்ட்ரம்ஃப் (Endrumpf) : இறுதி நிலம்.

பிரைமாரம்ஃப் : முதல் நிலம் மேலெழுவதால் தட்டையான ஆற்றிடை நிலங்கள் (நீர்பிரி மேடுகள்) அரிக்கப்படாமல் உயர்ந்து காணப்படுகின்றன. பள்ளத்தாக்கு ஆழப்படுதலும், நிலம் மேலெழுதலும் இணையாக இல்லையாதலால் நிலத்தோற்றம் உயருகிறது.

ஆஸ்டிகென்டே என்ட்விக்லுங் : இக் கட்டத்தில் நிலம் மேலெழுதல் துரிதமாக (greater uplift) இருக்கிறது. நிலம் மேலெழுதல் பள்ளத்தாக்கு கீழ்நோக்கி அரிக்கப்படுவதைக் காட்டிலும் வேகமாக இருப்பதால் ஆற்றுப்படுகையின் உயரம் அதிகரிக்கிறது. எனவே, நிலத்தின் உயரமும் நிலத்தோற்றமும் அதிகரிக்கிறது. நீர்பிரி மேட்டுச் சிகரத்தின் உயரம் அதிகரிக்கிறது. பள்ளத்தாக்கு கீழ்நோக்கி அரிக்கப்படுவது, பக்கவாட்ட அரிப்பைக் காட்டிலும் துரிதமாக இருப்பதால் பள்ளத்தாக்கின் பக்கச் சரிவுகள் புறம் குவிந்த அமைப்பைக் கொண்டுள்ளன. இதில் சரிவு கூடுகிறது (waxing slope).

கிளைக்ஃபார்மிகே என்ட்விக்லுங் : கிளைக்ஃபார்மிகே நிலையில் நிலம் மேலெழுதல் சீராக (uniform) இருக்கிறது. இதில் இரு கட்டங்களில் நிலத்தோற்ற மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. அவை பின்வருமாறு :

(a) நிலம் மேலெழுதலுக்கு இணையாகப் பள்ளத்தாக்குகள் ஆழப்படுகின்றன. ஆற்றிடைச் சிகரமும், பள்ளத்தாக்குப் படுகையும் குறைந்த வேகத்தில் மேலும் உயரத்தில் அதிகரிக்கின்றன. இப்போது நிலம் உச்ச உயரமடைகிறது. ஆனால், நிலத்தோற்றம் அவ்வாறு உச்ச நிலையை அடைவதில்லை. கீழ்நோக்கி அரித்தலும், ஆற்றிடைச் சிகரம் அரிக்கப்பட்டுத் தாழ்வதும் சமமாக இருப்பதால் நிலத்தோற்றம் மாறாமல் இருக்கிறது. இதனால் பள்ளத்தாக்கின் பக்கச் சரிவுகள் நேராக (straight) உள்ளன.

(b) இக் கட்டத்தில் நிலம் மேலெழுதல் நின்று போகிறது. ஆற்றிடைச் சிகரங்கள் பள்ளத்தாக்குகள் ஆழப்படும் விகிதத்திலேயே அரிக்கப்படுவதால் நிலமும், நிலத்தோற்றமும் மாறாமல் இருக்கின்றன. பள்ளத்தாக்கின் பக்கச் சரிவுகள் குறிப்பிட்ட கோணத்தில் இணையாகப் பின்னடைவதால் (parallel retreat of slope) அவற்றின் சரிவு நிலையாக (uniform slope) இருக்கிறது.

அப்ஸ்டிகென்டே என்ட்விக்லுங் : இக் கட்டத்தில் நிலம் மேலெழுதல் குறைகிறது (declining up lift). எனவே, கீழ்நோக்கி அரித்தல் நின்றுவிடுகிறது. இப்போது பள்ளதாக்குப் படுகையின் உயரம் மாறுமல் இருக்கிறது. நேரான பள்ளத்தாக்குப் பக்கச் சரிவுகள் குறிப்பிட்ட கோணத்தில் இணையாகப் பின்னடைகின்றன. கீழ்நோக்கி அரித்தலைக் காட்டிலும் பக்கவாட்ட அரிப்புத் துரிதமடைவதால் பள்ளத்தாக்கின் பக்கச் சரிவு உட்குழிந்த அமைப்பைப் பெறுகிறது. இதில் மேல் சரிவு (boschungen) அல்லது புவியீர்ப்புச் சரிவு வளர்ச்சியடைகிறது. பள்ளத்தாக்கு களின் மேல் சரிவுகள் சந்திப்பதால் ஆற்றிடைச் சிகரங்கள் உயரத் தில் குறைகின்றன. உட்குழிந்த அமைப்புடைய பள்ளத்தாக்கின் கீழ்ச்சரிவு (haldenhange) அல்லது நீர்வழிச் சரிவு, பின்னடை கிற மேல்சரிவோடு அடிவாரத்தில் இணைகிறது. மேல் சரிவும் கீழ்ச் சரிவும் ஒரு குறிப்பிட்ட குறுங்கோணத்தில் இணைகின்றன. இது சரிவு மாறும் புள்ளியாகும். இக் கட்டத்தில் பள்ளத்தாக்கின் சரிவு குறைகிறது (waning slope).

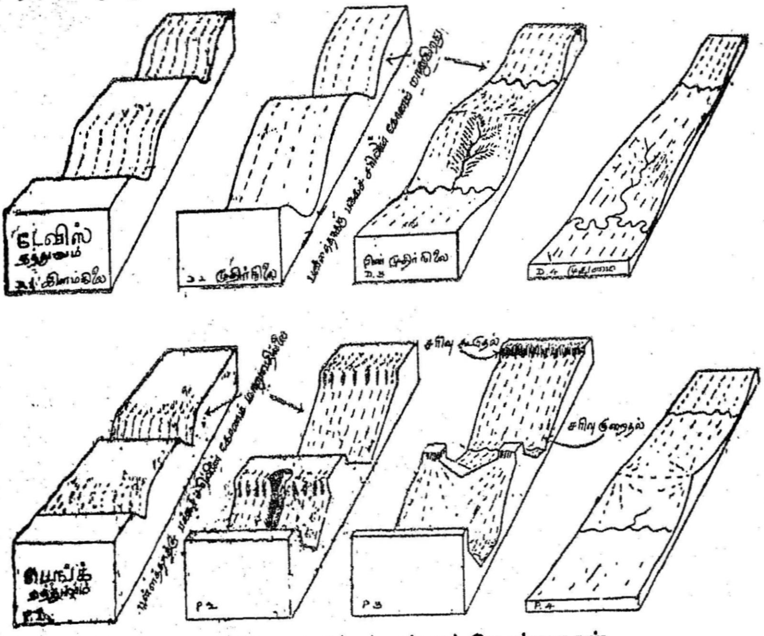
என்ட்ரம்ஃப் (இறுதி நிலம்) : அரிப்புச் சக்கரத்தில் நிலம் படிப்படியாக அரிக்கப்பட்டுத் தாழ்ந்து இறுதியில் ஒரு சமநில மாகிறது. பெங்க் இதனை இறுதிச் சமநிலம் (endrumpf) என்றழைத் தார். இச் சமநிலம், மேலெழுதல் குறைவதால் தோன்றுவ தாகும். அரிக்கப்பட்ட மேல்சரிவு இச் சமநிலத்தில் துறுகல் களாக (inselbergs) எஞ்சிநிற்கிறது.

பள்ளத்தாக்கின் பக்கச் சரிவுகள்
(Valley side slopes)

நிலம் மேலெழும் வேகத்தைப் பொறுத்துப் பள்ளத்தாக்குச் சரிவுகள் மாறுபட்டு அமைவதாகப் பெங்க் கருதினர். பெங்கின் கருத்துப்படி சரிவு குறையும் பள்ளத்தாக்கின் பக்கச் சரிவில் இரு பாகங்கள் உள்ளன. அவை பாக்சே (bosche), ஹால்டன் ஹங் (halden hang) எனப்படும் மேல், கீழ்ச் சரிவுகளாகும். கீழ்ப் பகுதியில் சரிவு குறைவாகவும் மேல் பகுதியில் அதிகமாகவும் காணப்படுகிறது. இதனை மேயர்ஹாஃப் (Mayer hoff) முறையே நீர்வழிச் சரிவு (wash slope), புவியீர்ப்புச் சரிவு (gravity slope) என்றழைத்தார்.

மேல் சரிவும் (புவியீர்ப்புச் சரிவு) கீழ்ச்சரிவும் (நீர்வழிச் சரிவு) ஒன்றோடொன்று ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் சந்திக்கின்றன. இக் கோணம் ஆற்றுநீரின் கன அளவையும் அதில் கடத்தப்படும் பொருள்களின் அளவையும் பொறுத்து அமைகிறது. நீரின் கன

அளவு அதிகரித்தால் பள்ளத்தாக்கின் கீழ்ச் சரிவுகளில் நீரின் அரிப்பினுல் சரிவு குறைகிறது. ஆனுல், வறண்ட பகுதிகளில் நீரின் கன அளவு மிகக் குறைவாக இருப்பதால் கீழ்ச்சரிவுகள் செங்குத்தாகக் காணப்படுகின்றன. பெங்கின் கருத்துப்படி பள்ளத்தாக்கின் மேல் சரிவு ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் அமைந்துவிட்டால் அது அரிக்கப்பட்டு அகலப்படும்போது அதே கோணத்தில் அகலப்படுகிறது, அதாவது, பள்ளத்தாக்குகள் பக்க வாட்டில் அரிக்கப்படும்போது முதலில் இருந்த சரிவுக்கு இணையாக அரிக்கப்பட்டுப் பின்னடைகின்றன. இதனைச் சரிவுகளின் இணையான பின்னடைதல் (Parallel retreat of slopes) என்பர். பள்ளத்தாக்கின் மேல்பகுதியிலுள்ள பாறைகள் முழுவதும் அரிக்கப்படும் வரை சரிவுகள் பின்னடைதல் ஒரே கோணத்தில் காணப்படுகிறது. எனவே, பள்ளத்தாக்கின் குறுக்குத் தோற்றம் எல்லா நிலைகளிலும் ஏறத்தாழ ஒரே மாதிரியாக இருக்கிறது.



படம் 56. அரிப்புச் சக்கரக் கொள்கைகள்
(D 1 — D 4) : டேவிஸ் தத்துவம், (P 1 — P 4) : பெங்க் தத்துவம்

டேவிஸ் கொள்கையில் இதற்கு மாறுக இளம் நிலையில் பள்ளத்தாக்கின் சரிவுகள் மிகவும் செங்குத்தாகவும் குறுகலாகவும் இருந்து, படிப்படியாக அகலமாகிப் பின்பு சமதளமாகின்றன (படம் 56). எனவே, இதில் பள்ளத்தாக்குப் பக்கங்களின்

கோணம் மாறிக்கொண்டிருக்கிறது. இதனால் பள்ளத்தாக்கின் குறுக்குத் தோற்றம் ஒவ்வொரு நிலையிலும் மாறுகிறது. பெங்கின் கருத்துப்படி நீர்பிரி மேடுகள் (ஆற்றிடைச் சிகரங்கள்) பக்கங்களில் அரிக்கப் படுவதால்தான் அரிப்புச் சக்கரம் இறுதிக் கட்டத்தை அடைகிறது. டேவிஸின் கருத்துப்படி இது கீழ்நோக்கி அரித்தலால் ஏற்படுவதாகும். டேவிஸின் கொள்கையில் நிலம் மேலெழுதல் துரிதமாக நடைபெற்றுப் பின்பு அது நின்ற பிறகே அரிப்புச் சக்கரம் தொடங்குகிறது. பெங்கின் கொள்கையில் நிலம் மேலெழுதல் சுமாரான வேகத்தில் நீண்ட காலத்திற்குத் தொடர்ந்து வந்ததாலும் மேலெழுதலின் வேகம் ஒவ்வொரு நிலையிலும் மாறிமாறி இருந்ததாலும் அரிப்புச் சக்கரம் தோன்றி முற்றுப் பெறுகிறது. பெங்கின் அரிப்புச் சக்கரத்தில் காணப்படும் ஆஸ்டிகென்டே என்ட் விக்லுங் (துரிதமாக மேலெழுதல்), கிளைக்ஃபார்மிகே என்ட் விக்லுங் (சீராக மேலெழுதல்), அப்ஸ்டிகென்டே என்ட்விக்லுங் (குறைவாக மேலெழுதல்) ஆகிய மேலெழும் வகைகளில் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்களை டேவிஸின் இளமை, முதிர்நிலை, முதுமை ஆகிய நிலைகளில் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்களுக்குச் சமமாகக் கருதலாம். டேவிஸின் பெனிப்பிளேன், பெங்கின் என்ட் ரம்ஃபுக்குச் சமமாகும்.

11. நில நீர்

நிலத்தினடியில் காணப்படும் நீர் நில நீர் (Ground water) எனப்படும். நில நீர் இருப்பது மனிதனுக்குப் பழங்காலத்திலேயே தெரிந்திருந்தது. ஊற்றுகளும் கிணறுகளும் நில நீரினால் நிரப்பப்படுகின்றன என்பதை ஆதி மனிதன் அறிந்திருந்தான். மெசபடோமியா, எகிப்து போன்ற வறண்ட பகுதிகளில் காணப்படும் ஆறுகளுக்கும் ஏரிகளுக்கும் ஊற்றுகளிலிருந்துதான் நீர் கிடைக்கிறது என்பது அப் பகுதி மக்களுக்குத் தெரிந்திருந்தது. 1674ஆம் ஆண்டு, பியரி பெரால்ட் (Pierre Perrault) என்பவர் மழையளவைவிட ஆற்று நீரின் கன அளவு பல மடங்கு குறைவாக இருப்பதைக் கண்டறிந்தார். எனவே, பெய்கிற மழைநீர் முழுவதும் ஆற்றில் கலக்காமல் ஒரு பகுதி தரையில் உறிஞ்சப்படுகிறது என்று முதன் முதலாகப் புள்ளிவிவரத்துடன் விவரித்தார்.

நில நீரின் தோற்றம்

புவியோட்டில் ஏறத்தாழ எல்லாப் பகுதிகளிலும் உள்ள பாறை, அடிமண் ஆகியவற்றில் நில நீர் காணப்படுகிறது. இதிலுள்ள நீர் வளிமண்டலத்திலிருந்தோ அல்லது ஆறுகளிலிருந்தோ பெறப்படுகிறது. சில சமயங்களில் பாறைகளிலிருந்து உள்ளுக்குள்ளேயும் இது பெறப்படுவதுண்டு. ஓடை, ஊற்று, ஏரி இவற்றிலிருந்து கசிந்து தோன்றும் நில நீர், விண் வீழ் நீர் (Meteoric water) எனப்படும். ஏனெனில், இவை யாவும் மழையிலிருந்துதான் நீரினைப் பெறுகின்றன. நில நீரில் 95 சதவீதம் மழை நீரிலிருந்து பெறப்பட்டதாகும். மீதமுள்ள 5 சதவீதம் புவிக்குள் பாறைகளிலிருந்து தோன்றுவதாகும்.

புவிக்குள்ளிருந்து தோன்றும் நில நீர் இருவகைப்படும். அவை ; (1) சிக்கிய நீர் (Connate water) (2) இளம் நீர் (Juvenile water) அல்லது கற்குழம்பு நீர் (Magmatic water) என்பவனவாகும். படிவுப் பாறைகள் படியும்போது சிறிதளவு நீர், படிவுகளுக்கிடையே சிக்கிக்கொள்கிறது. இத்தகைய நீர், சிக்கிய நீர் எனப்படும். நிலத்தினடியில் மாக்மா உறைந்து படிகமாகும்போது அதிலிருக்கும் நீர் வெளியேற்றப்படுகிறது.

இவ்வாறு தோன்றும் நீர் முதன் முதலாக வெளியேற்றப் படுவதால் இளம் நீர் அல்லது கற்குழம்பு நீர் எனப்படுகிறது.

சுவறல் (Percolation)

மண்ணில் நீர் ஊறிச் செல்லுதல் அல்லது உறிஞ்சப்படுதல் சுவறல் எனப்படும். வளிமண்டலத்திலிருந்து நிலத்தை வந்தடையும் மழை நீர் :

(1) நேரிடையாகவோ தாவரங்களின் மூலமாகவோ ஆவியாகி வளிமண்டலத்திற்கே மீண்டும் சென்றுவிடலாம்;

(2) நிலத்தில் வழிந்து ஓடைகளிலும் ஆறுகளிலும் கலந்து கடலை அடையலாம்;

(3) நிலத்தில் உறிஞ்சப்பட்டு மண்ணிலும் பாறைகளிலும் சுவறி நில நீராக மாறலாம்.

மழைநீர் ஆவியாதலும், வழிந்து செல்லுதலும், உறிஞ்சப் படுதலும் இடத்திற்கு இடம் மாறுபடுகிறது. நிலத்திற்குள் நீர் உறிஞ்சப்படும் அளவைக் (சுவறலை) கட்டுப்படுத்தும் காரணிகள் பின்வருமாறு :

(1) **மழை அளவு :** மழை நிதானமாகவும் சிறு தூறல் கொண்டதாகவும் இருந்தால் மண்ணில் ஈரம் மெதுவாகவும் அதிகமாகவும் உறிஞ்சப்படுகிறது. ஆனல், பெருமழை, திடீர் மழை ஆகியவை ஏற்பட்டால் நீர் உறிஞ்சப்படுவதற்குப் பதிலாக வழிந்து செல்லுகிறது.

(2) **நிலச் சரிவு :** சுமாரான சம நிலத்தில் நீர் வழிதல் குறைவாக இருப்பதால் ஈரம் உறிஞ்சப்படுதலும் சுவறுதலும் துரிதமாக நடைபெறுகிறது. சரிவு மிகுந்த நிலங்களில் நீர் வெகு விரைவில் வழிந்தோடுகிறது.

(3) **புரைத் தன்மையும் (Porosity) நீர்புகு தன்மையும்** (permeability) : பாறைகளிலும் மண்ணிலும் விரிசல்கள் குறைவாக இருப்பின் நீர் கசிதல் ஏற்படுவதில்லை. எனவே, விரிசல்களும், வெடிப்புகளும் அதிகமாக உள்ள பாறைகளில் நீர் அதிகமாக உறிஞ்சப்படுகிறது.

(4) **ஆவியாதல் :** காற்று வறண்டும், வெம்மையாகவும், வேகமாகவும் இருக்கும்போது நிலத்தின் மேல்பகுதியில் ஈரம் விரைவில் ஆவியாகிவிடுவதால் நீர் கீழ்நோக்கிக் கசிவதற்கு வாய்ப்பில்லை,

(5) **தாவரம் :** தாவரங்கள், மண்ணிலுள்ள ஈரம் ஆவியாகி விடாமல் பாதுகாப்பதோடு அவற்றின் சுவறலுக்கும் துணை செய்கின்றன. ஆனால், இலைகள் அடர்ந்துள்ள தாவரங்கள் மண்ணிலுள்ள நீரை ஆவியாக்குதல்மூலம் வெளியேற்றுகின்றன.

(6) **மண்ணின் ஈரம் :** வறண்ட மண் வளிமண்டலத்திலுள்ள ஈரத்தை உடனடியாக ஈர்க்கிறது.

புரைத்தன்மை

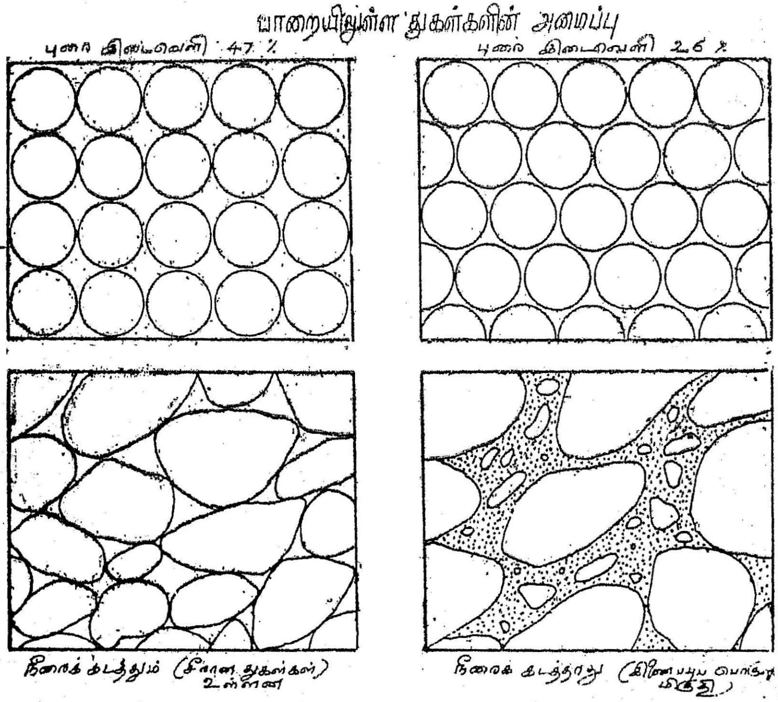
நில நீரின் அசைவும் பரவலும் பாறைகளின் புரைத்தன்மை, நீர் புகுதன்மை, நிலத்தின் சரிவு, மழையளவு ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளது. பாறையில் நீர் தேங்கியிருப்பதும், கசிவதும் அப் பாறையின் புரைத்தன்மையையும் நீர்புகு தன்மையையும் பொறுத்துள்ளது. பாறைகளுக்கிடையே உள்ள சந்துகளின் வழியே மேல்மட்டத்திலிருந்து கீழ்மட்டத்திற்கு நீர் கசிகிறது. இச் சந்துகள் காற்று இடைவெளிகள் (air spaces) அல்லது புரைகள் (pores) எனப்படுகின்றன. இப் புரைகளில் நீரைத் தேக்கி வைத்திருக்கும் பாறை, புரைத்தன்மைகொண்ட பாறை எனப்படும். ஒரு பாறையின் புரைத்தன்மை என்பது புரைகளின் கன அளவிற்கும் பாறையின் கன அளவிற்கும் இடையே உள்ள விகிதமாகும். இதனைக் கீழ்க் காணுமாறு கணக்கிடலாம் :

$$\text{புரைத்தன்மை (Porosity)} = \frac{\text{புரைகளின் கன அளவு (Volume of pore space)}}{\text{பாறையின் கன அளவு (Total volume)}} \times 100$$

அதாவது, ஒரு பாறையின் புரைத்தன்மை 50 சதவீதம் என்றால் அப் பாறையில் பாதி வெற்றிடமும் (void), பாதி திடப் பொருளும் உள்ளது என்று பொருள். பாறையிலுள்ள வெற்றிடம் முழுவதிலும் நீர் நிறைந்து காணப்பட்டால் அப் பாறை பூரிதமடைந்ததாகக் (saturated) கருதப்படுகிறது.

புரை இடைவெளி பாறைத் துகள்களின் அளவு, உருவம் அமைப்பு, இணைப்புப்பொருள் (cement) ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளது. துகள்கள் உருண்டையாக இருப்பின் புரை இடைவெளி பெரிதாக அமைகிறது. துகள்கள் கூரியதாக இருப்பின் அவை நெருங்கி அமைந்து புரை இடைவெளியைக் குறைக்கின்றன. ஒரே அளவுள்ள துகள்கள் செங்கோணத்தில் இணைந்தால் புரை இடைவெளி அதிகமாகிறது. மற்றக் கோணத்தில் இணைந்தால் அது குறைகிறது. பாறைகளில் சீராக வகைப்

படுத்தப்பட்ட (sorted) துகள்கள் இருப்பின் அங்குப் புரை இடைவெளி அதிகமாக இருக்கும். அவை சீராக வகைப்படுத்தப்படவில்லையெனில் புரை இடைவெளியில் நுண்ணிய துகள்கள் படிந்து புரைத்தன்மையைக் குறைக்கும். பாறைத் துகள்கள் இணைப்புப் பொருளால் நன்முக இணைக்கப்பட்டிருப்பின் புரை இடைவெளியில் இணைப்புப் பொருளே மிகுதியாக நிரம்பியிருக்கும். வகைப் படுத்தப்பட்ட பருத் துகள்கள் (coarse grains) பரல் போன்ற இணைப்புப் பொருளால் லேசாக இணைக்கப்பட்டிருப்பின் அதில் நீர் அதிகம் தேங்கி நிற்கும். இதற்குமாமுக வகைப்படுத்தப்படாத துகள்கள் மில்ஸ்டோன் கிரிட் (millstone grit) போன்ற இணைப்புப் பொருளால் இணைக்கப்பட்டிருப்பின் அதில் நீர் தங்காது (படம் 57). வகைப்படுத்திய பரல், மணல், வண்டல் ஆகிய



படம் 57. பாறையிலுள்ள துகள்களின் அமைப்பும் நீர் புகு தன்மையும்

வற்றில் பொதுவாகப் புரைத்தன்மை மிகுதியாகக் காணப்படுகிறது. பாறைகளில் புரைகள் இருப்பது மிகவும் அவசியமாகும். ஏனெனில், இவைதாம் பாறைகளில் நீரின் ஓட்டத்தையும் கன அளவையும் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

நீர் புகு தன்மை

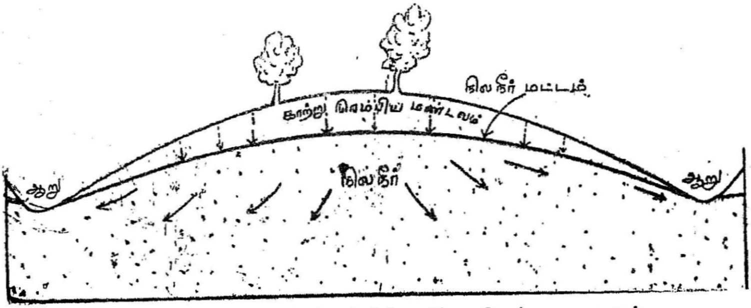
பாறையின் நீர்புகு தன்மை (permeability) என்பது பாறை நீரைக் கடத்துகிற திறனைக் குறிக்கிறது. நீரைத் தன்னுள் கடத்துகிற பாறையை நீர்புகு பாறை என்றும் கடத்தாத பாறையை நீர் புகாப் பாறை என்றும் கூறுகிறோம். பாறையின் நீர்புகு தன்மைக்கும் புரைத்தன்மைக்குமுள்ள வேறுபாட்டை நாம் தெளிவாக உணருதல் வேண்டும். ஒரு பாறை நீரை உட்கொள்ளுவதால் அல்லது உறிஞ்சுவதால் அது புரைத்தன்மை அதிகம் கொண்டதாக இருக்கிறது. ஆனால், புரைத்தன்மை கொண்ட பாறைகள் நீர் புகு பாறைகளாக இருக்க வேண்டுவதில்லை. உதாரணமாக, களிமண் பாறைகள் (Argillaceous rocks) அதிகப் புரைத்தன்மையைக் கொண்டிருந்தபோதிலும் அவை நீர் புகாப் பாறைகளேயாகும். இப் பாறைகளில் துகள்கள் நுண்ணியதாக இருக்கின்றன. இவை அதிகப் புரைத்தன்மை கொண்டிருப்பதால் அதன் கன அளவில் சுமார் 50 சதவீதம் வரை நீர் நிரம்பி காணப்படுகிறது. இருப்பினும், நுண்ணிய துகள்களின் இடையே உள்ள இடைவெளி மிகவும் நுண்ணியதாக இருப்பதால் நீர், மூலகங்களின் (molecules) கவர்ச்சியினுல் துகள்களிலேயே ஒட்டிக் கொள்கிறது. எனவே, இப் பாறைகளிலிருந்து நீர் கசிவதில்லை. எனவே, இவை நீரைக் கடத்துவதில்லை. மேலும், ஈரமான களிமண்ணில் இடைவெளி அடைபட்டுப் போவதால் இவற்றில் நீர் புகுவது கிடையாது. கிரானைட் போன்ற படிகப் பாறைகளில் (Crystalline rocks) படிகங்கள் முழுமையாகவும் ஒன்றோடொன்று பின்னியும் (inter-locking) நெருக்கமாகக் காணப்படுவதால் அவற்றில் புரைத்தன்மை குறைவாக இருக்கிறது. ஆனால், இப் பாறைகளில் பொதுவாக விரிசல்களும் வெடிப்புகளும் காணப்படுவதால் நீர் அவற்றினூடே கடந்து செல்லுகிறது. எனவே, புரைத்தன்மையற்ற (non-porous) பாறைகள் நீர்புகு பாறைகளாக இருக்கக்கூடும்.

பாறை அடுக்குகள் பெரும்பாலும் நீர்புகு தன்மையைக் கொண்டுள்ளன. மூட்டுகள் நிறைந்த சுண்ணும்புப் பாறை நீர்புகு தன்மை கொண்டுள்ளது. பிணைக்கப்படாமல் (unconsolidated) தனித்தனியாக இருக்கும் பரல் கற்கள் (gravel) நீர்புகு தன்மை கொண்டிருக்கின்றன. சாக்குப் பாறை (chalk) அதன் கன அளவில் சுமார் 50 சதவீதம் வரை நீரைக் கொள்கிறது. அதில் வெடிப்புகள் காணப்படின் அது சிறந்த நீர்புகு பாறையாக விளங்கும். மணற்பாறை மில்ஸ்டோன் கிரிட்டைவிட அதிக நீர்புகு தன்மை கொண்டுள்ளது.

நில நீர் மட்டம்
(Water table)

புவியோட்டில் சுமார் $\frac{1}{2}$ மைல் ஆழம்வரை நில நீர் காணப் படுகிறது. அதிக ஆழத்தில் அழுத்தம் அதிகரிப்பதால் பாறைத் துகள்களுக்கிடையிலுள்ள துவாரங்கள் அடைபடுகின்றன. எனவே, $\frac{1}{2}$ மைல் ஆழத்திற்கு மேல்நீர் கீழ்நோக்கிச் சுவறுவது தடுக்கப்பட்டுப் பாறைகள் நீர்புகாத் தன்மையைப் பெறுகின்றன.

மழை நீர், பாறைகளிலுள்ள புரைகளின் வழியாகவும் வெடிப்புகளின் வழியாகவும் கீழ்நோக்கிக் கசிகிறது (படம் 58).



படம் 58. மழைநீர் நிலத்தில் கசிந்து சென்று பரவுதல்

நீர் புகா அடுக்குவரை இத்தகைய கசிதல் ஏற்படுகிறது. இதற்கு மேல் மழை நீர் கீழ்நோக்கிச் செல்ல முடியாத நிலையில் அது நீர்புகா அடுக்கிற்குமேல் சேர்ந்து தங்குகிறது. இவ்வாறு நீரைக் கடத்தித் தேக்கி வைக்கிற பாறை அடுக்கிற்கு நீர் கொள் படுகை (Aquifer) என்று பெயர். நீர் கொள் படுகையில் நீர் சுலபமாகப் பரவிச் செல்கிறது. இவ்வாறில்லாத அடுக்கிற்கு நீர் கொள்ளாப் படுகை (Acquiclude) என்று பெயர். நீர் புகா அடுக்கிற்கு மேலுள்ள நில நீர்ப் பகுதியை மூன்று மண்டலங்களாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

(1) மேல் மண்டலத்தின் வழியாக நீர் கீழ்நோக்கி வருகிறது. இதில் சுவறுகிற நீரோடு காற்றும் காணப்படுகிறது. இப் பகுதி காற்று நிரம்பிய மண்டலம் (Zone of aeration) அல்லது நீர் சுற்றித் திரியும் மண்டலம் (Vadose water zone) எனப்படுகிறது.

(2) நீர் புகா அடுக்கை ஒட்டினாற்போலுள்ள கீழ்மண்டலத்தில் எல்லா நீரும் சேர்ந்து தங்குகிறது. இந்த மண்டலத்தில் காற்று முழுவதும் வெளியேற்றப்படுகிறது. இது நீர் நிரம்பிய மண்டலம் (Zone of saturation) அல்லது நீர் பூரித்மடைந்த

மண்டலம் எனப்படும். நீர் பூரிதமடைந்த மண்டலத்தின் மேற் பரப்பு பூரிதமடையும் மட்டம் (Level of saturation) எனப்படு கிறது. இதுவே நில நீர் மட்டமாகும்.

(3) மேற்கூறிய இரண்டு மண்டலங்களுக்கும் இடையிலுள்ள பகுதியில், நீண்டகால மழையின்போது மட்டுமே நீர் நிறைந்து காணப்படுகிறது. வறண்ட காலத்தில் இப் பகுதி உலர்ந்துவிடு கிறது. இது மழைக் காலத்தில் மட்டும் நீர் நிரம்பிய அல்லது பூரித மடைந்த மண்டலம் (Zone of intermittent saturation) எனப்படும்.

நில நீர் மட்டம் ஒரே தன்மைகொண்ட பாறைகளில்கூடச் சம மாக இல்லை. அது மலைகளுக்குக் கீழே உயர்ந்தும் பள்ளத்தாக்கு களுக்குக் கீழே தாழ்ந்தும் காணப்படுகிறது. மேலும், இது மழைக் காலத்திலும் வறண்ட காலத்திலும் வெவ்வேறு மட்டங்களில் காணப்படுகிறது. மழையளவு சமமாக இல்லாமலும், சுவறுதல் ஒரே அளவு இல்லாமலும் இருந்தால் சில சமயங்களில் நீர் ஒரே இடத்தில் குவிந்துவிடுகிறது. அப்போது நில நீர் அதிகமுள்ள இடத்திலிருந்து குறைவான இடத்திற்குக் கிடையாகப் பரவத் தொடங்குகிறது. எனவே, நில நீர் மட்டம் எல்லா இடங்களிலும் சமமாக இல்லை. நில நீரின் மட்டம் இடத்திற்கு இடமும், காலத் திற்குக் காலமும் வேறுபட்ட போதிலும் தரைமட்டத்திலிருந்து இது பொதுவாகச் சில நூறு அடிகள் ஆழம்வரை காணப்படுகிறது.

நில நீர் கீழ்நோக்கிச் செல்வதைத் தவிரப் பக்கங்களிலும் கிடையாகச் செல்கிறது. பெருமழையின்போது நில நீர் மட்டம் மேல்நோக்கி உயருவதால் நீர் வழிதல் ஏற்பட்டுப் பக்கங்களில் கசியத் தொடங்குகிறது (படம் 59). குறிப்பாக நில நீர்

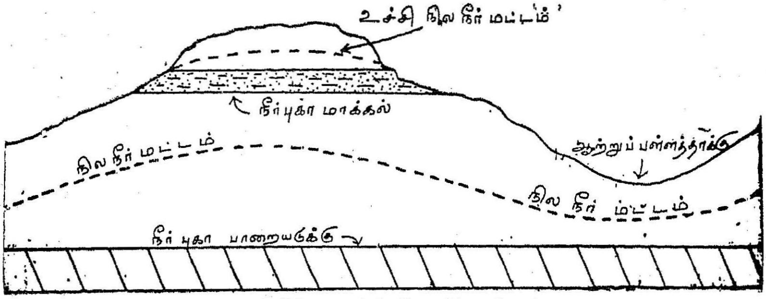
படம் 59. நில நீர் சுவறுதல் அல்லது பரவிச் செல்லுதல்

மட்டத்தின் சரிவைப் பொறுத்து அது பக்கங்களில் பரவிச் செல்கிறது. நில நீர் மட்டத்தின் சாய்மானம் (h/l) பாறையின் நீர்புகு தன்மையையும் நீரின் அளவையும் பொறுத்துள்ளது. நில நீர் மட்டம் பொதுவாகப் பள்ளத்தாக்குகளை நோக்கிச் சரிந்

திருப்பதால் நில நீர் பள்ளத்தாக்குகளில் வெளியேறி ஆறுகளுடன் கலக்கிறது. அதனுல்தான் வறண்ட காலத்திலும் சில ஆறுகளில் நீரோட்டம் இருக்கிறது. நில நீர் மட்டத்தின் சாய்மானம் குறைந்தால் நீர் வெளியேறி ஆறுகளுடன் கலப்பது குறைகிறது.

உச்சி நில நீர் மட்டம்

புவி மேற்பரப்பில் நீர் காணப்பட்டாலும் நில நீர் தோன்றுவது கீழ்ப் பகுதியிலுள்ள பாறைகளைப் பொறுத்துள்ளது. சில இடங்களில் நீர் புகு பாறை அடுக்கும், நீர் புகாப் பாறை அடுக்கும் மாறி மாறி ஒன்றின்கீழ் ஒன்று அமைந்திருப்பின் மேற்பகுதியிலுள்ள நீர் புகாப் பாறையடுக்கின்மீது ஒரு நில நீர் மட்டம் தோன்றுகிறது. பொதுவான நில நீர் மட்டத்திற்கு மேல் அமைந்திருக்கும் - இது உச்சி நில நீர் மட்டம் (perched water table) எனப்படும் (படம் 60).



படம் 60. உச்சி நில நீர் மட்டம்.

ஊற்றுகள்
(Springs)

நிலத்தினடியிலிருந்து நில நீர் இயற்கையாக வெளியேறுகிற இடத்திற்கு ஊற்று (spring) என்று பெயர். நில நீர், ஊற்றுகளின் மூலமாக வெளியேறுவது விசையுடன் பீரிட்ட நிலையிலோ அல்லது கசியும் நிலையிலோ காணப்படுகிறது. பருவங்களைப் பொறுத்து ஊற்று நீர் வெளியேறும் வேகம் மாறுகிறது. ஊற்றுகளில் நீர் வெளியேறுவது நிரந்தரமாகவோ தாற்காலிகமாகவோ காணப்படுகிறது. இதன் பௌதிக இரசாயனத் தன்மை எல்லா இடத்திலும் ஒரே மாதிரி இல்லை. சில இடங்களில் இது குளிர்ச்சியாகவும் வேறு சில இடங்களில் வெம்மையாகவும் உள்ளது. இது சில இடங்களில் கடின நீராகவும், சில இடங்களில் மென் நீராகவும் காணப்படுகிறது. சிலவற்றில் தாதுக்கள் நிறைந்து காணப்படுகின்றன.

ஊற்று நீர் வெம்மையாகவும் தாதுக்கள் கரைந்தும் காணப்பட்டால் அது நிலத்திற்கடியில் வெகு ஆழத்தில் கற்குழம்பின் செய்கையால் தோன்றியிருக்கக்கூடும். கற்குழம்பினுல் நில நீர் வெப்பப்படுத்தப்படுவதால் அது வெந்நீர் ஊற்ருக வெளிப்படுகிறது. இத்தகைய வெந்நீர் ஊற்றுகள் அமெரிக்காவில் எல்லோஸ்டோன் பூங்காவிலும் (Yellowstone Park), ஐஸ்லாந்திலும் காணப்படுகின்றன.

விண்வழி நீர் (Meteoric water) அல்லது மழைநீர் பாறைகளில் உறிஞ்சப்பட்டுக் கீழ்நோக்கிச் செல்லும்போது பாறைகளிலுள்ள தாதுப்பொருள்களைப் கரைத்துக்கொண்டுச் செல்கிறது. இது ஊற்ருகத் தரையிலிருந்து வெளியேறும்போது தாதுக்கள் நிறைந்து காணப்படுகிறது. இது சில நோய்களைக் குணமாக்குவதற்கும், உடல் ஆரோக்கியத்திற்கும் சிறந்ததாகக் கருதப்படுகிறது. இதன் விளைவாக இவை காணப்படும் பகுதிகளில் மருத்துவக் குடியிருப்புகள் தோன்றியுள்ளன. உதாரணம், எப்சம் (Epsom), ஹரோகேட் (Harrogate), கார்ல்ஸ்பாத் (Garlsbad), விக்கி (Vichy) போன்றவை.

ஊற்றுகளின் தோற்றம்
(Origin of springs)

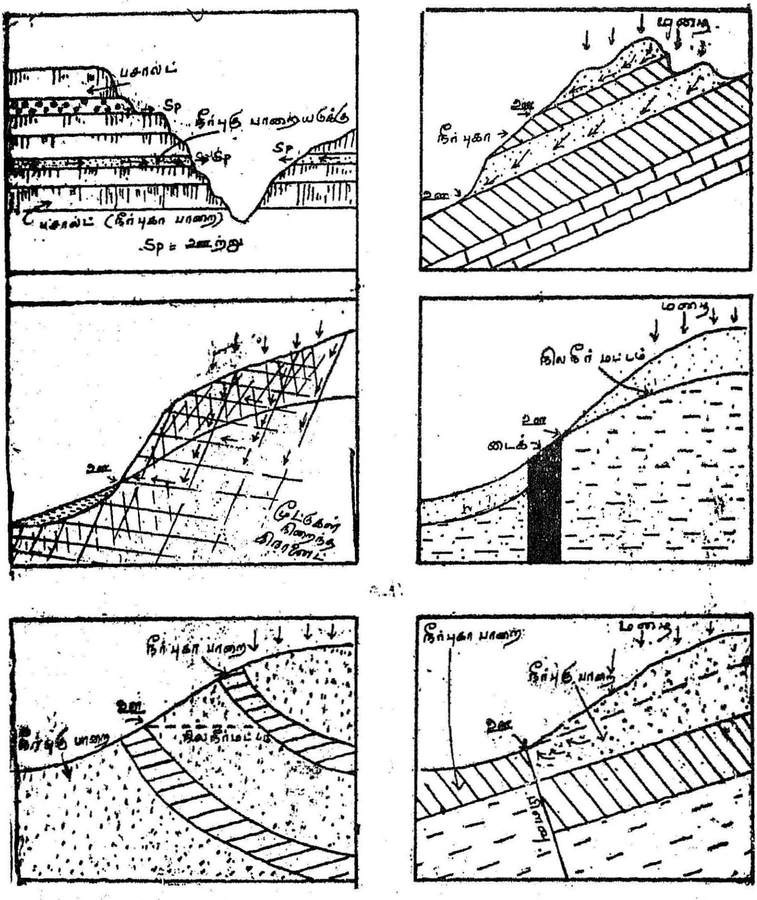
புவி ஓடு, பாறை ஆகியவற்றின் அமைப்பில் ஏற்படும் மாறுதல்களே ஊற்றுகள் தோன்றுவதற்குக் காரணமாயுள்ளன. புவியோட்டில் பாறைகள் ஒரே மாதிரியாக இல்லை. நிலத்தோற்ற மாறுதல், பாறை வகை, புவி அசைவு ஆகியவை ஊற்றுகள் தோன்றுவதற்குத் துணைபுரிகின்றன. சுருங்கக்கூறின் ஊற்றுகள் தோன்றுவது (1) தரையின் அமைப்பு, (2) நில நீர் மட்டத்தின் இருப்பிடம், (3) பாறைகளின் தன்மை ஆகிய காரணிகளைப் பொறுத்துள்ளது. ஊற்றுகள் பல வழிகளில் தோன்றிய போதிலும் அவை நீர்புகு, நீர்புகா அடுக்குகளின் அமைப்புடனும், மடிப்பு, பிளவு, விரிசல் போன்ற அமைப்புடனும், நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டுள்ளன.

ஊற்றுகளின் வகை

ஊற்றுகளைப் பொதுவாக நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்; அவை பின்வருமாறு (படம் 61, 62):

(1) **நில நீர் மட்ட ஊற்று:** நில நீர் மட்டத்தில் ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கு போன்ற பள்ளங்கள் குறுக்கிடும்போது ஊற்றுகள் தோன்றுகின்றன. பாலைவனத்திலுள்ள பாலைவனச்

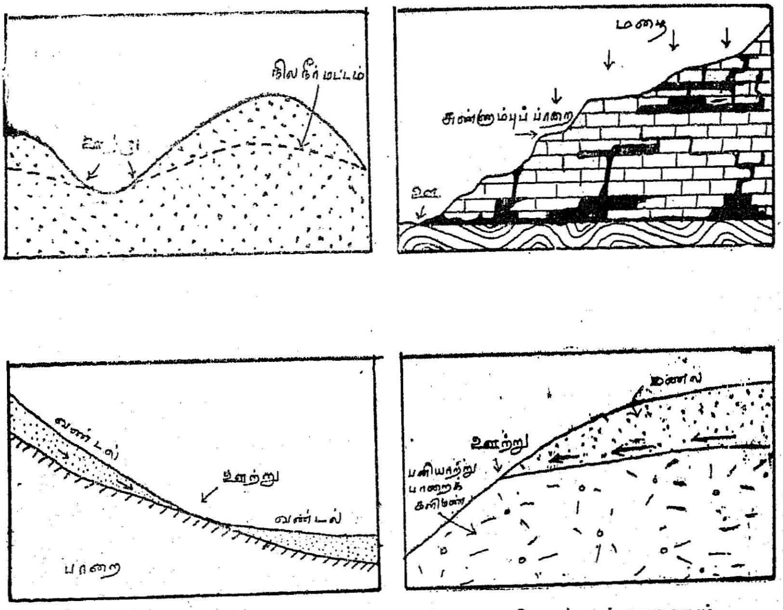
சோலைகள் (Oases) அடியிலுள்ள நில நீர்மட்டத்தில் பள்ளங்கள் குறுக்கிட்டதால் தோன்றியவையாகும். பனியாற்றுப் படிவு களிலும் இத்தகைய பள்ளங்கள் தோன்றி ஊற்றுகள் வெளிப்படு கின்றன.



படம் 61. பல வகையான ஊற்றுக்களும் அவை தோன்றும் முறையும்.

(2) **செங்குத்துச் சரிவு அடிவார ஊற்று** (Scarp foot spring) **சாய்மான சரிவு ஊற்று** (dipslope spring): நீர் புகு பாறை மேலடுக் கிலும், நீர்புகா பாறை அதற்கு அடியிலும் அமைந்துள்ள செங்குத்துச் சரிவின் அடிவாரத்தில் ஊற்றுக்கள் தோன்றுகின்றன. உதாரணமாக சாக்கு (chalk) பாறையில் நீர் உறிஞ்சப்பட்டு கீழ்நோக்கி பரவி, களிமண் போன்ற நீர்புகா பாறையை அடைந்

தால் அங்கு கீழ்நோக்கிச் செல்ல முடியாமல் அது பக்கங்களில் பரவத் தொடங்குகிறது. அவ்வாறு பரவும் நீர் தரை, சாக்கு பாறை, களிமண் ஆகிய மூன்றும் சந்திக்கிற செங்குத்தான இடத்தில் ஊற்ருக வெளிப்படுகிறது. மணற்பாறைப் போன்ற பாறையில் மழை பெய்யும்போது நீர் கீழ்நோக்கி உறிஞ்சப்பட்டு கீழுள்ள களிமண்பாறை அல்லது மாக்கல் போன்ற நீர்புகா நீர்புகா பாறையை அடைகிறது. பாறை அடுக்குகள் சாய்ந்திருந்தால் அது தரையை சந்திக்கிற இடத்தில் ஊற்று தோன்றுகிறது. ஓங்கல், ஆற்றுப்பள்ளத்தாக்கு இவற்றின் அடிவாரத்தில் ஊற்றுக்கள் வரிசையாகக் காணப்படுவதை ஊற்று வரிசை (spring line) என்கிருேம்.



படம் 62. ஊற்றுக்களின் வகையும் அவை தோன்றும் முறையும்

(3) பிளவு, விரிசல் ஊற்றுக்கள் (Fault and joint springs): பாறைகளில் பிளவு ஏற்படும்போது நீர்புகு அடுக்கும் நீர்புகா அடுக்கும் செங்குத்தாக இடம் பெயர்கின்றன. அப்போது கீழ் இறங்கிய நீர்புகு அடுக்கிலுள்ள நிலநீர்மட்டம் தரையை சந்திப்பதால் பிளவின் வழியே நிலநீர் ஊற்ருக வெளிப்படுகிறது. உதாரணமாக பிளவில் நீர்புகு மணற்பாறை இடம் பெயர்ந்து நீர்புகா மாக்கல் அடுக்கை ஒட்டினாற்போல் அமைகிறது. மணற்பாறையிலிருந்து கசியும் நீர் மாக்கல்லினுல் தேக்கப்படுவதால்

அங்கு நீர் சேகரிக்கப்பட்டு பிளவின் வழியே ஊற்று மூலமாக வெளியேறுகிறது. இதே போல் கிரானைட் சுண்ணும்புப்பாறை ஆகியவற்றிலுள்ள விரிசல் இறங்கிய நீர் சரிவுகளில் வெளிப்படும் போது ஊற்று தோன்றுகிறது.

(4) **டைக் ஊற்று** (Dyke spring) : சில சமயங்களில் டைக் போன்ற உள் நுழைந்த குத்துப் பாறைகள் நிலநீர் மட்டத்தில் குறுக்கிடுவதால் நிலநீர் தேக்கப்பட்டு டைக்கும், தரையும் சந்திக்கும் இடத்தில் ஊற்று தோன்றுகிறது.

(5) **சுண்ணும்பு நில ஊற்றுக்கள் அல்லது வக்லூசியன் ஊற்றுக்கள்** (Vauclusian springs) : சுண்ணும்புப் பாறைகளிலுள்ள விரிசல்களின் வழியாக நீர் உறிஞ்சப்பட்டு அடிநிலத்தில் பாய்ந்து சுண்ணும்புப் பாறையின் அடிவாரத்தில் ஊற்றாக வெளிப்படுகிறது. பிரான்சிலுள்ள சவாய் (Savoy) சுண்ணும்பு மாவட்டத்திலுள்ள வக்லூஸ் (vaucluse) என்னுமிடத்தில் இத்தகைய ஊற்றுக்கள் காணப்படுவதால் இதற்கு இப்பெயர் வந்தது.

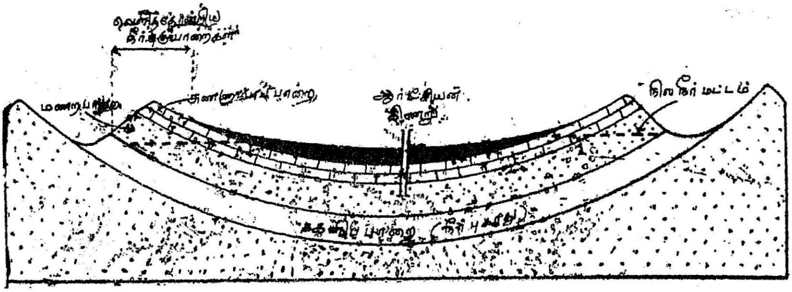
ஆர்டீசியன் ஊற்றுக்கள்
(Artesian wells)

பாறை அடுக்கு கொண்ட ஒரு பெரிய கொப்பரையில் நீர்புகு அடுக்கின் மேலும் கீழும் நீர்புகா அடுக்குகள் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். இக் கொப்பரையில் நீர் புகும் பாறை தரையில் வெளித்தோன்றும் போது அதன் வழியே நீர் கீழ்நோக்கிச் சுவறி ஆழத்திலுள்ள நீர்புகு பாறைகளில் சேருகிறது. நீர்புகா பாறை அடுக்குகள் மேலும் கீழும் காணப்படுவதால் நீர்கொள்ளும் (aquifer) அடுக்கிலுள்ள நிலநீர் எப்பக்கமும் வெளியேற முடியமால் இருக்கிறது. இந்த அடுக்கு பூரிதமடையும் வரை நீர் சேர்ந்து கொண்டே இருக்கிறது. இவ்வாறு இரு நீர்புகா பாறைகளுக் கிடையே நிலநீர் தேங்கியிருக்கும் அமைப்பு கொண்ட கொப்பரைக்கு (structural basin) ஆர்டீசியன் கொப்பரை (Artesian basin) என்பது பெயர்.

ஆர்டீசியன் கொப்பரையில் கீழ் வளைவில் (syncline) நீர் கொள்ளும் அடுக்கு காணப்படுவதால் இரு பக்கங்களிலிருந்தும் ஏற்படும் அழுத்தத்தின் காரணமாக ஏதாவது ஒரு துளையின் (bore) வழியே நீர் பீறிட்டு வெளியேறுகிறது. இது ஆர்டீசியன் ஊற்று எனப்படும் (படம் : 63). ஆர்டீசியன் ஊற்றில் பம்பின் உதவி இல்லாமலேயே நீர் வெளியேற்றப்படுகிறது.

ஆர்டீசியன் என்ற சொல் வடக்கு பிரான்சிலுள்ள ஊற்று நிறைந்த ஆர்டாய்ஸ் (Artois) என்ற இடத்தின் பெயரிலிருந்து வந்தது. உலகம் முழுவதும் ஆர்டீசியன் ஊற்றுக்கள் காணப் படுகின்றன.

ஆர்டீசியன் ஊற்றுக்கள் தோன்றுவதற்கு கீழ்க்கண்ட அமைப்புகள் தேவைப்படுகின்றன.



படம் 63: ஆர்டீசியன் கிணறு அல்லது ஊற்று.

(1) நீர் கொள்ளும் அடுக்கு (aquifer) அகன்றதாகவும், கீழ் வளைவு கொண்டதாகவும் இருத்தல் வேண்டும். இதன் மேலும் கீழும் நீர்புகா பாறைகள் காணப்படல் வேண்டும்.

(2) நீர் கொள்ளும் அடுக்கின் விளிம்புகள் மழைப் பகுதி களில் வெளித்தோன்றி நிலநீர் மட்டத்தை விட உயரத்தில் அமைந்திருத்தல் வேண்டும்.

(3) மழை போதுமான அளவு இருக்க வேண்டும்.

(4) கீழ் வளைவிலுள்ள ஊற்றுக்களைத் தவிர மற்ற இடங் களில் நீர் வெளியேறுவதற்கு வழி இருக்கக் கூடாது.

ஆர்டீசியன் ஊற்றுக்களுக்கு ஆஸ்திரேலியா சிறந்த உதா ரணமாகத் திகழ்கிறது. இங்கு பல ஆர்டீசியன் கொப்பரைகள் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் கிழக்கிலுள்ள தி கிரேட் ஆர்டீசி யன் கொப்பரையில் (The Great Artesian Basin) மட்டும் சுமார் 6000 கிணறுகள் உள்ளன. ஆஸ்திரேலியாவின் கால்நடை பரா மரிப்புக்கு இது பெரிதும் உதவியாக இருக்கிறது. ஆர்டீசியன் ஊற்றுக்களுக்கு லண்டன் கொப்பரையும் (London Basin) புகழ் பெற்றதாகும். இந்தியாவில் இமயமலையின் அடிவாரத்திலுள்ள மணற்பாறை கீழ் வளைவில் ஆர்டீசிய கொப்பரைக்குரிய தன்மைகள் காணப்படுகின்றன. தமிழ்நாட்டில் நெய்வேலியில்

ஆர்டீசியன் கொப்பரை காணப்படுகிறது. அதனுல்தான் அங்கு பழுப்பு நிலக்கரி சுரங்கங்களில் நிறைய பம்புகளை வைத்து நீரை வெளியேற்ற வேண்டியுள்ளது. பாண்டிச்சேரியிலும் ஆர்டீசியன் ஊற்றுக்கள் காணப்படுகின்றன.

நில நீரின் செய்கை

நில நீரின் பௌதிகச் செய்கையும், இரசாயனச் செய்கையும் நிலத்தோற்றத்தை உருவாக்குவதில் ஓரளவு துணைபுரிகின்றன. நில நீரின் பௌதிகச் செய்கை புவியீர்ப்பு விசையுடன் தொடர்பு கொண்டதாகும். பாறைப் பொருள்கள் அசைந்து இடம் பெயரும்போது நிலநீர் அவற்றின் உராய்வைக் குறைக்கும் திரவமாக பணியாற்றுகிறது. பாறைத்துகள்களுக்கிடையே உராய்வைக் குறைப்பதோடு, இவற்றிற்கும் படுகைக்கும் இடையே ஏற்படும் உராய்வையும் இது குறைக்கிறது. எனவே மண் சரிதலுக்கும், நிலச்சரிவிற்கும், பனி வீழ்ச்சிக்கும் நிலநீர் அவசியமாகிறது.

அடிநிலக் குகைகள், சுரங்கங்கள் ஆகியவற்றில் நிலநீர் செல்லும்போது பாறைகளையும் நுண்ணிய படிவுகளையும் கடத்திக் கொண்டு செல்வதால் அங்கு அரிப்பு ஏற்படுகிறது. சுண்ணும்புப் பாறைகளில் இது குறிப்பாக காணப்படுகிறது. இதைத்தவிர நிலநீரின் கரைதல் செய்கையால் பாறைகள் ஓரளவிற்கு சிதைவுறுகின்றன. நிலநீரின் செய்கையை சுண்ணும்புப்பாறை அத்தியாயத்தில் விரிவாகக் காண்போம்.

12. சுண்ணும்புப் பிரதேச நிலத்தோற்றங்கள்
(Karst topography)

பாறைகளின் கரைதல் செய்கையால் தோன்றும் நிலத் தோற்றங்களுக்கு கார்ஸ்ட் (karst) நிலத்தோற்றங்கள் என்பது பெயர். சுண்ணும்புப் பாறை, சாக்கு, டாலமைட் ஆகிய பாறைகள் கரைதல் செய்கைக்கு எளிதில் இலக்காகின்றன. இப் பாறைகளின் அடிநிலத்தில் காணப்படும் கரைதல் செய்கை யாலும், மேற்பரப்பு நீர் கீழ்நோக்கி உறிஞ்சப்படுவதாலும் சில தனித்த புதுமையான நிலத்தோற்றங்கள் தோன்றுகின்றன. எனவே சுண்ணும்புப் பிரதேசத்தில் காணப்படும் நிலத்தோற் றங்களை கார்ஸ்ட் நிலத்தோற்றம் என்கிறோம்.

சுண்ணும்புப் பாறையின் கனமும், பரப்பளவும் அதிகமுள்ள பகுதிகளில்தான் கார்ஸ்ட் அரிப்புச் சக்கரம் துவங்குகிறது. இவை அல்லாத பகுதிகளில் இயல்பான அரிப்புச் சக்கரமே காணப்படும். கரைதல் செய்கை மேற்கூறிய பாறைகளைத் தவிர ஜிப்சம், உப்புப்பாறை ஆகியவற்றில் காணப்பட்டாலும் அவை பரப்பில் மிகக் குறைவாக உள்ளதால் அவ்வளவு முக்கியமாகக் கருதப்படுவதில்லை.

சுண்ணும்புப் பாறைகளில் சாக்கு ஒருவகையாகும். சுண்ணும்புப் பாறைக்கும் சாக்கிற்கும் சிலவேறுபாடுகள் உள்ளன. சாக்கு சுண்ணும்புப் பாறையைவிட சுத்தமானது. இதில் கால்சியம் கார்பனேட் மிகுதியாக உள்ளது. இது மென்மை யாகவும் அதிக புரைத்தன்மை கொண்டதாகவும் காணப் படுகிறது. எனவே மழைநீர் விரைவில் ஈர்க்கப்படுகிறது. சாக்கு பிரதேசத்தில் நிலம் லேசாக வளைந்து மழுங்கியிருக்கும். இதில் பள்ளங்கள் அதிகம் காணப்படுகின்றன. கரைதல் செய்கையால் இதில் விரிசல்களும் வெடிப்புகளும் மிகுதியாக உள்ளன. சில இடங்களில் பள்ளத்தாக்குகள் குறுகலாகவும் சரிவு அதிகம் கொண்டதாகவும் காணப்படுகிறது. இது மென்மையாகவும்,

அதிக புரைத்தன்மை கொண்டதாகவும் இருப்பதால் கார்ஸ்ட் நிலத்தோற்றங்கள் இதில் குறைவாகவே உள்ளன. இதற்கு மாருக சுண்ணும்புப் பாறை கடினமாகவும், விரிசல்களும் ஒழுங்கான அமைப்புடனும் இருப்பதால் கரைதல் செய்கை மிகவும் சிறப்பாக காணப்படுகிறது. எனவே சாக்கு பாறைகளைவிட சுண்ணும்புப் பாறைகளில் கார்ஸ்ட் நிலத்தோற்றங்கள் மிகச் சிறப்பாக வளர்ச்சியுறுகின்றன.

உலகில் சுண்ணும்புப் பாறை மிகவும் பரவலாக காணப் படுவதால் கார்ஸ்ட் நிலத்தோற்றம் ஏறத்தாழ எல்லா இடங் களிலும் காணப்படுகிறது. கார்ஸ்ட் நிலத்தோற்றங்கள் காணப் படும் இடங்களில் இங்கிலாந்து, தெற்கு பிரான்ஸ், ஸ்பானிஷ் ஆன்டலுசியா (Spanish Andalusia), வட யுகடான் (Yucatan), ஜாமைக்கா (Jamaica), வட பியூர்ட்டோ ரிக்கோ (Puerto Rico), மேற்கு கியூபா, ஆஸ்திரேலியா, மத்திய ஃபிளாரிடா, வர்ஜினியா பள்ளத்தாக்கு, டென்னிஸீ, மேற்கு இந்தியானு, மேற்கு மத்திய கென்டுகி, (Kentucky) ஆகியவை முக்கிய இடங்களாகும். இப் பகுதிகளில் எல்லா வகையான கார்ஸ்ட் நிலத்தோற்றங்களையும் ஒருங்கே காண முடியாவிட்டாலும் ஒவ்வொரு பகுதியிலும் ஒவ்வொரு வகையான நிலத்தோற்றம் காணப்படுகிறது. அமெரிக்காவிலுள்ள இந்தியானு கென்டுகி, டென்னிஸீ ஆகிய பகுதிகளில் முக்கிய நிலத்தோற்றங்கள் பல உள்ளன.

கார்ஸ்ட் நிலத்தோற்றங்கள் நன்கு வளர்ச்சியடைவது நான்கு காரணிகளைப் பொருத்துள்ளது. அவை பின்வருமாறு :

(1) புவிதளத்தில் நீரில் எளிதில் கரையக்கூடிய சுண்ணும்புப் பாறை போன்ற பாறைகள் காணப்படுதல் வேண்டும். டாலமைட் சுண்ணும்புப் பாறையைப்போல் எளிதில் கரைவதில்லை. சாக்கு எளிதில் கரையும்; ஆனுல் மற்ற பண்புகள் இதில் இல்லை.

(2) இப் பாறைகள் அடர்த்தி மிகுந்ததாகவும், விரிசல்கள் நிறைந்ததாகவும், மெல்லிய அடுக்குகளைக் கொண்டதாகவும் இருத்தல் வேண்டும். விரிசல்கள், அடுக்குத்தளம், பாறைப் படிமானம் ஆகியவற்றின் வழியே பாறைகளில் நீர்புகுந்து கரைதல் செயல் நிகழ்கிறது. பாறைகளில் புரைத்தன்மை அதிக மாக இருத்தல்கூடாது. அவ்வாறு இருப்பின் மழைநீர் மொத்த மாக வெகு எளிதில் கீழ்நோக்கி ஈர்க்கப்பட்டுவிடும். அப்போது பாறை கரைவதற்கு வாய்ப்பிருக்காது. அதனுல்தான் புரைத் தன்மை அதிகம் கொண்ட சாக்கு பாறைகளில் (இங்கிலாந்து,

பிரான்சு) கார்ஸ்ட் நிலத்தோற்றங்கள் அவ்வளவாக வளர்ச்சி பெறுவதில்லை.

(3) அழுந்திய ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்குகளின் அடித்தளம் நீரில் கரையும் பாறையை (சுண்ணும்புப் பாறை) அடைந்திருக்க வேண்டும், நிலநீர் அத்தகைய பாறைகளைக் கரைத்துக்கொண்டு தரையில் வெளிப்படவேண்டும்.

(4) இப் பகுதிகளில் குறைந்தது சுமாரான மழையளவாவது இருக்கவேண்டும்.

சுண்ணும்புப் பிரதேசத்தில் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்

சுண்ணும்புப் பாறைகள் நீர்புகு தன்மையைக் கொண்டிருப்பதாலும், ஓரளவுக்கு நீரில் கரைவதாலும் அவற்றில் தனித்தன்மை கொண்ட நிலத்தோற்றங்கள் தோன்றுகின்றன என்பதை முன்னரே பார்த்தோம். மழைநீர் வளிமண்டலத்திலுள்ள கார்பன்டை ஆக்ஸைடைக் கரைத்துக் கொண்டு நீர்த்த கார்பானிக் அமிலமாகி சுண்ணும்புப் பாறையை அடைகிறது. அப்போது சுண்ணும்பு எளிதில் கரையக்கூடிய கால்சியம் பைக் கார்பனேட்டாக மாறுகிறது. இது அமிலம் கலந்த நிலநீரில் எளிதில் கரைந்து கடத்தப்படுகிறது. சுண்ணும்புப் பாறையிலுள்ள வெடிப்புகள், விரிசல்கள் அடுக்குத்தளம் ஆகியவற்றின் வழியே இவ்வமிலம் கலந்த நீர் ஊடுருவிச் செல்லும்போது கரைதல் செய்கையால் பாதிக்கப்பட்டு பல்வேறு நிலத்தோற்றங்கள் தோன்றுகின்றன.

கிளின்ட் (clint)

சுண்ணும்புப் பிரதேசங்களில் பெருமழையின்போது மழைநீர் விரைவில் வடிவதில்லை. அப்போது நீரின் கரைதல் செயலால் பீடபூமியின் பரப்பில் அகழிபோன்ற பள்ளங்கள் தோன்றுகின்றன. இவை கன சதுரங்களாகக் காணப்படுகின்றன. இவ்வாறு அரிக்கப்பட்டு தோன்றும் கனச் சதுரங்களை கிளின்ட் (clint) என்பர். கனச் சதுரங்களுக்கிடையே தோன்றும் அகழி போன்ற பள்ளங்கள் கிரைக்ஸ் (grikes) எனப்படும். இவை சில அடி அகலமும், பல அடி ஆழமும் கொண்டவை.

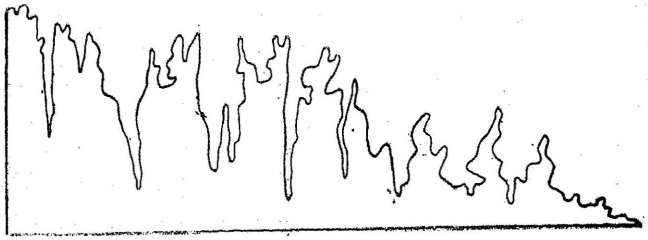
டெர்ரா ரோஸா (Terra rosa)

நில நீர் தரைக்குள் விரிசல்கள் வழியே ஊடுருவிச் செல்லும் போது பாறைகளைக் கரைத்து செம்மண், களிமண் போன்ற மண்

களைத் திறந்த விரிசல்களில் படிய விட்டுச் செல்கிறது. இப் படிவுகள் பல அடிகள் வரை கனம் கொண்டும், பாறைகளை முழுமையாக மூடிக்கொண்டும் உள்ளன. இப்படிவிற்கு டெர்ரா ரோஸா (terra rosa) என்பது பெயர். இது பொதுவாக மென்மை யான சரிவுகளிலேயே தோன்றுகிறது. இது தோற்றத்தில் அயன மண்டல செம்பூராங்கல்லினை (laterite) ஒத்திருக்கிறது. இது தெற்கு ஐரோப்பா, தென் இந்தியாவு ஆகிய பகுதிகளில் காணப் படுகிறது.

லப்பிஸ் (Lapies)

உயர்ந்த பகுதிகளில் சுண்ணும்புப் பாறையின் விரிசல்களி லுள்ள டெர்ரா ரோஸா போன்ற பொருட்கள் அகற்றப்பட்டப் பின்பாறைகள் அரிக்கப்பட்டும் (etched) பள்ளமாக்கப்பட்டும் (pitted), கடையப்பட்டும் (grooved) வரிப்பள்ளங்கள் (fluted) ஏற்பட்டும் தூண்கள் போன்று காட்சியளிக்கும் இத்தகைய கரடு முரடான பரப்பிற்கு லப்பிஸ் (lapies) என்பது பெயர் (படம் 64).



படம் 64. லப்பிஸ்

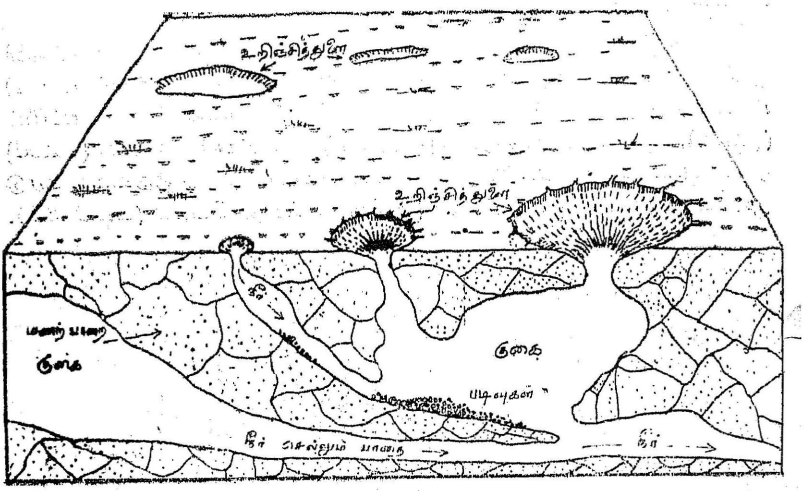
சிவிஜிக் (Cvijic)கின் கருத்துப்படி லப்பிஸ் பொதுவாக வெளித் தோன்றும் பாறைகளில் ஏற்படுகின்றன. லப்பிஸ் தோன்றுவது பாறையின் தொகுப்பமைப்பு, அமைப்புத்தரம், சரிவு, தாவரம் ஆகியவற்றைப் பொருத்துள்ளது.

உறிஞ்சித் துளைகள் (Sink holes)

சுண்ணும்புப் பிரதேசத்தில் மிகச் சாதாரணமாகக் காணப் படும் நிலத்தோற்றங்களில் உறிஞ்சித்துளை ஒன்ருகும். உறிஞ்சித் துளை என்பது சில அடிகள் முதல் நூறு அடிகள் வரை ஆழங் கொண்ட ஒரு பள்ளமாகும். இது புனல் (funnel) வடிவம் கொண்டது. இவ் உறிஞ்சித்துளைகள் பெரிய நிலங்களில் நூற்றுக் கணக்காக காணப்படுகின்றன. உதாரணமாக இந்தியானுவி லுள்ள ஆர்லியன்ஸின் (Orleans) தென் மேற்கு பகுதியில் ஒரு சதுர

மைலுக்கு 1022 உறிஞ்சித் துளைகள் இருப்பதாகக் கணக்கிட்டுள்ளனர்.

உறிஞ்சித் துளைகளைப் பொதுவாக இருவகைப்படுத்தலாம்: அவை (1) கரைந்து உருவான உறிஞ்சித்துளை (solution sink) (2) நொருங்கி உருவான உறிஞ்சித்துளை (collapse sink) என்பனவாகும். பாறைகளில் கரைதல் செய்கையால் தோன்றும் துளைகள் கரைந்து உருவான உறிஞ்சித் துளைகள் எனப்படும் (படம்: 65). இது சில சமயங்களில் டொலிணு (doline) என்று



படம் 65. உறிஞ்சித் துளையும் நில நீரின் செய்கையும்.

அழைக்கப்படுகிறது. நொருங்கி உருவான உறிஞ்சித் துளையில் பக்கங்கள் சரிவு மிகுந்ததாகக் காணப்படும். நொருங்கிய துளைகளைக் காட்டிலும் டொலிணுக்கள் எண்ணிக்கையில் அதிகம் காணப்படுகின்றன. மழை நீர் வழிந்து டொலிணுக்களின் வழியே புகுந்து அடிநிலப் பாதையில் சென்று அடிப்பாகத்தை அடைகிறது. சில சமயங்களில் தரையில் வழியும் நீர் உறிஞ்சித் துளைகளில் விழுவதால் அத்தகைய துளைகளை விழுங்கும் துளைகள் (Swallow holes) என்கிறோம். இவை அருகருகே தோன்றும்போது இணைந்து ஒரு பெரிய பள்ளமாக மாறுகின்றன. இவற்றிற்கு இடையிலுள்ள கூரை நொருங்கி விழுவதால் ஒரு பெரிய பள்ளம் தோன்றுகிறது. இவ்வாறு தோன்றும் பள்ளம் யுவாலா (Uvala) எனப்படும். ஆழம் குறைந்த அகலமான டொலிணுவை, கரைந்து உருவான தட்டு (solution pan) என்கிறோம். சில சமயங்களில் கரைந்தோடும்

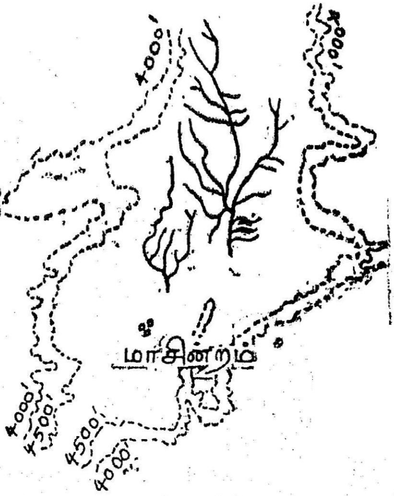
களி மண்ணுல் இவை அடைபடும்போது அங்கு நீர் தேங்குகிறது. அப்போது அவை உறிஞ்சித் துளை குளங்கள் (Sinkhole pond) அல்லது கார்ஸ்ட் ஏரிகள் (Karst lakes) எனப்படுகின்றன. இவற்றில் நீர் மட்டம் நில நீர் மட்டத்தைக் காட்டிலும் உயரத்தில் இருக்கும்.

போல்ஜெ (Polje)

போல்ஜெ என்பது ஆழம் குறைந்த, சரிவு மிகுந்த, ஒரு தட்டையான நீண்ட பள்ளமாகும். போல்ஜெவும் ஒரு வகையான உறிஞ்சுத் துளையாகும். இதன் தரை சதுசதுப்பாக இருக்கும். கரைதல் செய்கையால் தோன்றும் போல்ஜெ, யுவாலாவைப் போலவே காட்சித் தந்தாலும் தோற்றத்திலும் பரப்பிலும் அது பின்னதிலிருந்து மாறியிருக்கிறது. யுவாலா ஒரு சில ஏக்கர் பரப்பளவில் மட்டுமே காணப்படும்போது, போல்ஜெ பல சதுர மைல் பரப்பிற்கு பரவியிருக்கும்.

நிலத்தில் புகும் ஆறுகள்

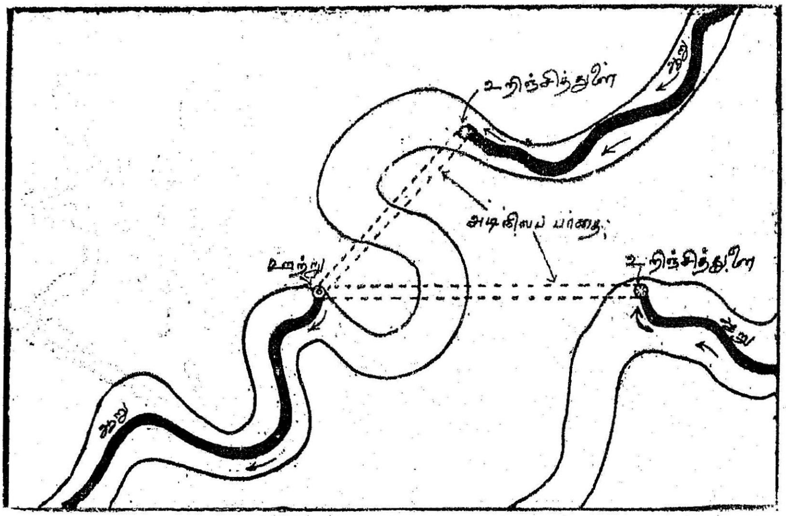
உறிஞ்சித் துளைகள் நிறைந்த பிரதேசத்தில் ஆறுகள் பாயும் போது அவை சில சமயங்களில் உறிஞ்சித் துளைகளில் புகுந்து அடிநிலப் பாதையில் சென்று விடுகின்றன (படம் : 66). அத் துளைகளுக்கு அப்பால் மேற் பரப்பில் அவை காணப்படுவதில்லை. இவ்வாறு தரையில் புகுந்து மறையும் ஆறுகள் நிலத்தில் புகும் ஆறுகள் (sinking streams) எனப்படும். நிலத்தில் புகும் ஆறுகள் பல மைல்கள் கடந்து மீண்டும் தரையில் வெளிப்படக் கூடும். ஆறுகள் நிலத்தில் புகுந்தபிறகு அவற்றின் பள்ளத்தாக்குகள் நீரோட்டமின்றி வறண்டு விடுகின்றன. இவற்றை வறண்டப் பள்ளத்தாக்குகள் (dry valleys) என்பர். உறிஞ்சித் துளைகளில் முடிவடையும் பள்ளத்தாக்குகள் முட்டுப் பள்ளத்தாக்குகள் (blind valleys) எனப்படும்.



படம் 66. அஸ்ஸாமில் காசிமலையிலுள்ள சுண்ணும்புப் பாறையில் காணப்படும் உறிஞ்சித் துளைகளும், நிலத்தில் புகும் ஆறுகளும்.

வெளிப்படும் ஆறுகள்

தரையிலிருந்து அடிநிலத்திற்குள் புகுந்த ஆறுகள் மீண்டும் தரையில் வெளிப்படுவது கார்ஸ்ட் நிலத்தோற்றத்தில் மிகச் சாதாரணமாக காணக்கூடியதாகும். அடிநிலத்தில் பாயும் நீர் பொதுவாக ஊற்றுக்களின் மூலமாக வெளிப்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட துளையில் புகுந்த நீர் எந்த ஊற்றின் வழியே வெளிப்படுகிறது. என்பதைக் குறிப்பாக கூறமுடியாது. ஏனெனில் நில நீர் அடி நிலத்தில் எல்லாப் பகுதிகளிலும் பரவலாக உள்ளதால் எந்த நீர் எதன் வழியே வெளிப்படுகிறது என்பதை வரையறுப்பது மிகவும் கடினம். சுண்ணும்புப் பிரதேசத்தில் பள்ளத்தாக்கின் வளைவுகளில் ஆறு பாயும் போது சில சமயங்களில் வளைவின் ஒரு முனையிலுள்ள உறிஞ்சித் துளையில் அது புகுந்து மறு முனையிலுள்ள ஊற்று வழியாக வெளியேறிப் பாய்வதுண்டு. அதாவது வளைவைச் சுற்றி பாய்வதற்கு பதிலாக அடி நிலத்தில் சுரங்கப்பாதை அமைத்துக் கொண்டு குறுக்கு வழியில் பாய்கிறது. இப்போது வளைவிலுள்ள பள்ளத்தாக்கு வறண்டு விடுகிறது. இது அடி நில துண்டிப்பு (subterranean cut off) எனப்படும். இதனால் ஆறு மறைந்து வேறு இடத்தில்



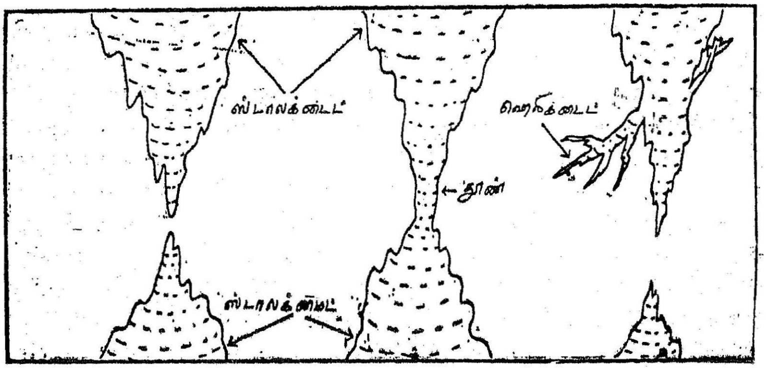
படம் 67. சுண்ணும்பு நிலத்தில் ஆறுகளின் துண்டிப்பும் அடிநில ஆற்றுக் கவர்வும்

புதிதாகத் தோன்றுவது போல காட்சியளிக்கும். இது அடிநில ஆற்றுக்கவர்வு எனப்படும் (படம்: 67). விரிசல்கள், பிளவுகள்

வெடிப்புகள் ஆகியவற்றின் மூலமாக நீர் விரைவாக அடி நிலத்திற்குச் செல்லுகிறது. அப்போது நீர் சுண்ணும்புப் பாறையைத் தாக்கி துவாரத்தை (வெடிப்பை) அகலப்படுத்துகிறது. உள்ளே புகுந்த நீரினல் இரசாயன சிதைவு ஏற்பட்டு சுரங்கப் பாதைகள் தோன்றுகின்றன. அடி நிலத்தில் சரிவு அதிகமாகையால் தரையில் பாயும் ஆறுகளைவிட அடி நிலத்தில் பாயும் ஆறுகள் அதிக வேகம் கொண்டுள்ளன.

அடிநிலக் குகைகள்

அடிநிலக் குகை என்பது அடி நிலத்திலுள்ள சுண்ணும்புப் பாறை கரைந்து தோன்றிய ஒரு இயற்கையான வெற்றிடமாகும். இக்குகைகள் செங்குத்தாகவோ அல்லது கிடையாகவோ காணப் படுகின்றன. அடிநிலக் குகைகளில் சில சமயம் அருவிகள் காணப் படுவதுண்டு. வறண்ட குகைகள் சில சமயங்களில் பல்வேறு மட்டங்களைக் கொண்டு படிபோன்று காட்சியளிக்கின்றன. சுண்ணும்புப்பாறைகளிலுள்ள மூட்டுக்களில் நிலநீர் பாய்வதால் அது பாறைகளைக் கரைத்து குகைகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. புரைத்தன்மை அதிகம் கொண்ட பாறைகளில் நிலநீர் எளிதில் கசிந்து விடுவதால் அவற்றின் குகைகள் தோன்றுவதில்லை. செங்குத்தான இணைப்புகளின் வழியே கரைதல் ஏற்பட்டு தோன்றும் குகைகள் ஆழமாகவும் குறுகியதாகவும் காணப்படுகின்றன. சுண்ணும்புப் பாறையின் அடுக்குத் தளத்தின் வழியே கரைதலால் ஏற்படும் குகைகள் தாழ்வாகவும் அகன்றதாகவும் காணப்படு



படம் 68. அடிநிலக் குகையிலுள்ள படிவுகள்

கின்றன. சில இடங்களில் குகைகளின் பரப்பு ஆயிரக்கணக்கான சதுர மீட்டர்களுக்கு பரவியுள்ளது. அரிப்பினுல் குகைகளின்

கூரைப் பகுதி சரிந்து விடுவதால் வெவ்வேறு மட்டங்களிலுள்ள குகைகள் ஒன்றோடொன்று இணைக்கப்படுகின்றன. மேற்பரப்பிலிருந்து நிலநீர் கொண்டு வந்த வண்டல், களிமண் ஆகியவை குகையின் தரையில் படிகின்றன.

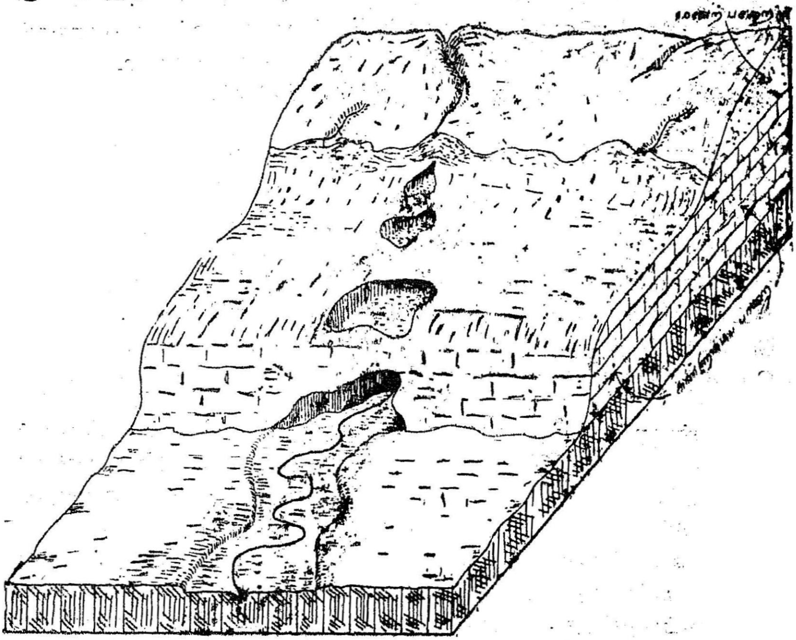
அடிநிலக் குகைகளில் பல்வேறு படிதல் நிலத்தோற்றங்கள் காணப்படுகின்றன (படம்: 68). இவை ட்ராவெர்டைன் (travertine) எனப்படும். சுண்ணாம்புப் பாறையிலுள்ள கால்சியம் கார்பனேட் நீரில் கரைந்து குகையின் கூரையிலும், சுவரிலும், தரையிலும் ஒழுகி உலர்வதால் இத்தகைய நிலத்தோற்றங்கள் தோன்றுகின்றன. இவற்றில் முக்கியமானவை கூரையிலிருந்து ஒழுகித்தோன்றும் ஸ்டாலக்டைட் (stalagtite: கல் விழுது), ஸ்டாலக்மைட் (stalagmite: கல்முளை) என்பதாகும். ஸ்டாலக்டைட் என்பது குகையின் கூரையிலிருந்து கீழ்நோக்கி வளர்ந்து தொங்குவதாகும். ஸ்டாலக்டைட்டிலிருந்து ஒழுகும் கால்சியம் கார்பனேட் தரையில் விழுந்து உலர்ந்து படிப்படியாக மேல் நோக்கி வளருகிறது. இது ஸ்டாலக்மைட் எனப்படும். இவற்றைத் தவிர குகைகளில் தூண்கள், கனப்பட்டைகள் (columns) போன்ற அமைப்புகளும் காணப்படுகின்றன. ஸ்டாலக்டைட்டும் ஸ்டாலக்மைட்டும் இணையும்போது ஒரு தூணாக மாறுகிறது. ஸ்டாலக்டைட்டின் கிளைகள் கிடையாகவோ அல்லது காய்ந்தோ அல்லது மேல்நோக்கியோ வளரும்போது அவை ஹெலிக்டைட் எனப்படுகின்றன.

அடிநிலக் குகைகளின் தோற்றம்

சுண்ணாம்புப் பாறைப் பிரதேசத்தில் காணப்படும் அடிநிலக் குகைகளின் தோற்றம்பற்றி பல்வேறு கருத்துக்கள் நிலவி வருகின்றன (படம்: 69). 1930ஆம் ஆண்டுவரை இவற்றின் தோற்றம் பற்றி தெளிவான கருத்து ஏதும் இருக்கவில்லை. ஆனால் நிலநீரின் கரைதல் செய்கையால் குகைகள் தோன்றுகின்றன என்ற கருத்து மட்டும் இருந்து வந்தது. இக்கருத்தை லப்பாரென்ட் (Lapparent), மார்டோனி (Martonne) போன்ற பிரஞ்சு அறிஞர்களும், வெல்லர் (Weller), லோபெக் (Lobeck) போன்ற அமெரிக்க அறிஞர்களும் ஏற்றுக்கொள்ளவில்லை. இவர்களின் கருத்துப்படி அடிநிலத்தில் பாயும் ஓடைகளின் அரிப்புச் செயலினால் குகைகள் ஏற்படுகின்றன என்பதாகும். ஓடைகளின் அரிப்புச் செயலுக்கு சான்றாக குகைகளின் தரைமட்டம் ஒரே சீராக இருப்பதையும், அதில் பல குடக்குடைவுகள் காணப்படுவதையும் இவர்கள் எடுத்துக் காட்டியுள்ளனர். இதைத் தவிர குகைகளில் காணப்படும் களிமண், வண்டல், மணல்,

சரளைக்கல் ஆகியவை ஓடைகளின் அரிப்புச்செயலுக்கு ஆதாரமாக விளங்குகின்றன.

ஆனால் ஓடை அரிப்பு கருத்துக்கு எதிராக டேவிஸ் 1930ஆம் ஆண்டு இரு சக்கர கொள்கை (Two cycle Theory) ஒன்றை வெளி



படம் 69. சுண்ணும்புப் பாறையில் மலையிடுக்கும், குகைகளும் தோன்றுதல்.

யிட்டார். இவருடைய கொள்கையின்படி அடிநில குகைகளின் பெரும் பகுதி கரைதல் செயலால் ஏற்படுவதாகும். நிலநீர் மட்டத்திற்கு கீழேஉள்ள நீரின் அழுத்த வேறுபாட்டால் ஓரிடத்தி லிருந்த நீர் மற்றொரு இடத்திற்கு பாய்கிறது. அவ்வாறு பாயும் போது வழியிலுள்ள பாறைகள் கரைந்து குகைகள் தோன்று கின்றன. இது முதலாவது சக்கரமாகும். நிலநீர் மட்டம் குறைந்தால் குகைகள் வறண்டு விடுகின்றன. இந்நிலையில் நிலப் பரப்பிலிருந்து கசியும் நீர் குகைகளின் வழியாகப் பாய்ந்து அவற்றின் உருவத்தை மாற்றுகிறது. டேவிஸின் கருத்துப்படி இது இரண்டாவது சக்கரமாகும். குகைகளிலிருந்து நிலநீர் வடியும் போது வாடோஸ் (vadose) நீரும், காற்றும் குகைக்குள் புகுந்து விடுகின்றன. நிலநீர் குகைக்குள் கசியும்போது சுண்ணும்பைக் கரைத்துக் கொண்டு வருவதால் குகைகளின் கூரை

யிலும் சுவர்களிலும் சுண்ணும்புப் படிவுகள் படிகின்றன. கரைதல் செய்கையால் அடிநிலத்தில் பெரிய சுரங்கள் வழிகள் ஏற்பட்டு அவற்றின் வழியே நீர் கீழ்நோக்கிப் பாய்கிறது. இச்சுரங்க வழியில் பாயும் ஓடைகளில் வேகம் குறைவாக இருப்பதால் அவற்றின் அரிப்புச் செயலும் குறைவாகவே இருக்கும். ஆகவே குகைகள் ஏற்படுவதற்கு கரைதல் செய்கையே முக்கிய காரணம் என்று டேவிஸ் கருதினுர். இதில் அரிப்பு ஓரளவுக்கு உதவியாக இருக்கிறது என்பதை அவர் ஏற்றுக்கொள்கிருர்.

அடிநிலக் குகைகள் நிலநீர் மட்டத்திற்கு மேலே தோன்றுகிறதா அல்லது கீழே தோன்றுகிறதா என்ற சர்ச்சை நீண்ட நாட்களாக இருந்து வருகிறது. நிலப்பரப்பிலிருந்து நீர் கீழே சுவறுவதால் சுண்ணும்புப் பாறை கரைந்து குகைகள் தோன்றியுள்ளன என்ற கருத்தை ஆதரிப்பவர்கள் அவை நிலநீர் மட்டத்திற்கு மேல் தோன்றுவதாகக் கூறுகிருர்கள். ஆனுல் டேவிஸ் இதற்கு மாருக குகைகள் நிலநீர் மட்டத்திற்கு கீழேதான் தோன்றுகிறது என்று விளக்குகிருர்.

சுண்ணும்புப் பாறைகளில் கரைதல் செயல் நில நீர் மட்டத்தில் ஏற்படுகிறது என்று ஸ்வின்னர்டன் (Swinnerton) கருதினுர். நில நீர் மட்டம் எல்லா இடத்திலும் ஒரே மாதிரியாக இல்லாததால் நில நீர் ஓரிடத்திலிருந்து மற்ருெரு இடத்திற்கு விரிசல்களின் வழியாகப் பாய்ந்துச் செல்லுகிறது. ஆறுகளின் பள்ளத்தாக்குகள் ஆழப்படுவதாலும் நில நீர்மட்டம் பாதிக்கப்படுகிறது. எனவே நில நீர் மட்டத்திற்கு ஏற்ப பல மட்டங்களில் குகைகள் காணப்படுகின்றன.

குகைகள் நில நீர் மட்டத்திற்கு மேலோ அல்லது கீழோ தோன்றினுலும் அவைகளின் அமைப்பு பின்னர் ஏற்படும் நில நீர் மட்ட மாறுதல்களால் பாதிக்கப்படுகின்றன.

கார்ஸ்ட் அரிப்புச் சக்கரம்
(Karst cycle)

சுண்ணும்புப் பிரதேசங்களில் கார்ஸ்ட் அரிப்புச் சக்கரம் காணப்படுவதை முதன் முதலில் எடுத்துக் காட்டியவர் சிவிஜிக் (Cvijic) என்பவராவார். கார்ஸ்ட் அரிப்பு சக்கரத்திற்கு சிறந்த உதாரணமாகத் திகழ்வது டைனரிக் ஆல்ப்ஸ் (Dinaric Alps) சுண்ணும்புப் பிரதேசமாகும். கார்ஸ்ட் அரிப்புச் சக்கரத்தில் சிவிஜிக் நான்கு நிலைகளைப் பகுத்துணர்ந்தார். அவை இளம் நிலை, முதிர்நிலை, பின் முதிர்நிலை, முதுமைநிலை ஆகியவையாகும்.

சிவிஜிக் கருத்துப்படி அரிப்புச் சக்கரம் தொடங்குவதற்கு நான்கு முக்கிய அமைப்புகள் தேவைப்படுகின்றன. அதாவது :

(1) சுண்ணும்புப் பாறை தடித்ததாகவும், சுத்தமான தாகவும், பெரிய பரப்பளவில் அமைந்ததாகவும் இருத்தல் வேண்டும்.

(2) சுண்ணும்புப்பாறை அடுக்கு நில நீர் மட்டத்திலிருந்து நன்ருக உயர்ந்து அமைந்திருக்க வேண்டும்.

(3) சுண்ணும்புப் பாறைக்கு கீழே ஒரு நீர்புகா பாறை அடுக்கு இருக்கவேண்டும்.

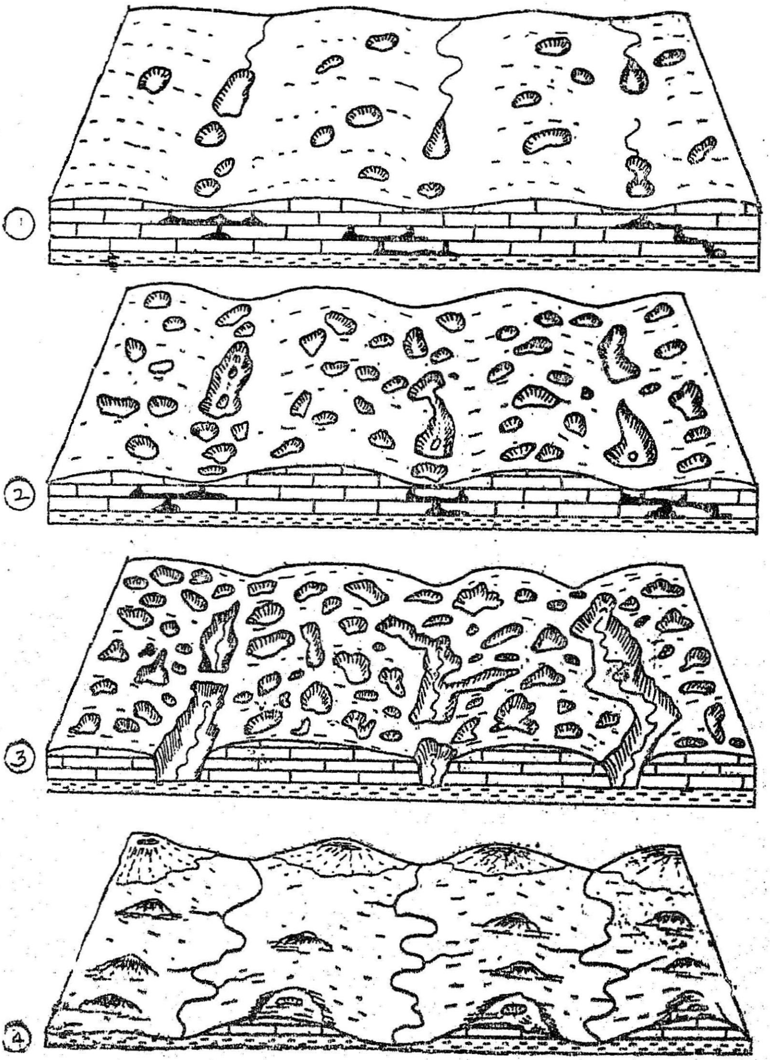
(4) சுண்ணும்புப் பாறைக்கு மேலேயும் அதாவது தரையின் பரப்பிலும் நீர்புகா பாறை இருக்கவேண்டும். அப்போதுதான் அதன்மேல் வடிகால் அமைப்பு தோன்ற முடியும்.

மேற்கூறிய தன்மை கொண்ட சுண்ணும்பு நிலத்தில் அரிப்புச் சக்கரம் இரு வழிகளில் தொடங்கக் கூடும். முதலாவதாக சுண்ணும்புப் பாறை மேலெழுவதால் நிலநீர் மட்டம் தாழ்கிறது. எனவே, சுண்ணும்புப் பரப்பில் ஆறுகள் தம் அரிப்புச் செயலைச் செய்யத் தொடங்குவதால் அரிப்புச் சக்கரம் துவங்குகிறது. இரண்டாவதாக சுண்ணும்புப் பாறையின் மேலுள்ள நீர்புகா பாறை அடுக்கு ஆறுகளால் அரிக்கப்பட்டு அகற்றப்படும்போது அடியிலுள்ள சுண்ணும்புப் பாறையில் அரிப்புச் சக்கரம் துவங்குகிறது. அரிப்புச் சக்கரம் எவ்வகையில் துவங்கினுலும் அதனுல் ஏற்படும் நிலத்தோற்றங்கள் ஒரே மாதிரியானவையே. எனவே, இப்போது ஒவ்வொரு நிலையிலும் தோன்றும் நிலத் தோற்ற மாற்றங்களைப் பார்ப்போம் (படம் : 70).

இளம் நிலை

இளம் நிலையில் சுண்ணும்புப் பாறைக்கு மேலிருக்கும் நீர் புகா பாறை அடுக்கு ஆறுகளால் அரிக்கப்பட்டு அகற்றப்படுகிறது. இப்போது சுண்ணும்புப் பாறை வெளித் தோன்றுவதால் அதில் கரைதல் செயலால் உறிஞ்சித் துளைகள் தோன்றுகின்றன. விரிசல்களும், வெடிப்புகளும் அகலப்படுத்தப்பட்டு அவற்றின் வழியே நீர் கீழ்நோக்கிச் செல்கிறது. இதன் விளைவாக லப்பீக்களும் (lappies) டொலினுக்களும் (dolines) தோன்றுகின்றன. அப்போது விரிசல்களும் வெடிப்புகளும் பெரிதாகின்றன. உறிஞ்சித் துளைகள் பெரிதாகி விழுங்கு துளைகளாகின்றன. டொலினுக்கள் கார்ஸ்ட் நிலத்தில் மிக முக்கியமானவையாகும். இவற்றின் வழியே நீர் கீழ்நோக்கிச் செல்வதால் மேற்பரப்பு வடிகால் அமைப்பு (surface drainage) படிப்படியாக அடி நில வடிகால் அமைப்பாக

(under ground drainage) மாறுகிறது. இது வடிகால் அமைப்பு பிரிக்கப்படுகிற ஒரு நிலையாகும். மேற்பரப்பு ஆறுகள் உறிஞ்சித்



படம் 70. சுண்ணாம்பு நிலத்தில் அரிப்புச் சக்கரம்.
(1) இளம் நிலை (2) முதிர் நிலை (3) பின் முதிர் நிலை (4) முதுமை நிலை.

துளைகள், டொலினாக்கள், விரிசல்கள் ஆகியவற்றின் வழியாகக் புகுந்து அடி நிலத்திற்குள் செல்லும்போது மேலும் கரைதல்

ஏற்பட்டு அடி நிலத்தில் வடிகால் மேலும் அதிகரிக்கிறது. விழுங்குத் துளைகள் எண்ணிக்கையிலும் அளவிலும் அதிகரிப்பதால் அடி நிலத்தில் குகைகள் அதிகமாகத் தோன்றுகின்றன. விழுங்குத் துளைகள் ஒன்று சேர்ந்து யுவாலாக்களாக மாறுகின்றன.

இளம் நிலை முழுமையிலும் அடிநிலத்தில் வடிகால் வளர்ச்சி மெதுவாக ஏற்படுகிறது. மேற்பரப்பு ஆறுகள் அனைத்தும் மறைந்து போனால் அரிப்புச் சக்கரம் முதிர் நிலையை அடைந்த தாகக் கருதப்படும். மேற்பரப்பு ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கின் கடைசி சுவடு மறைவதை இளம் நிலையிலிருந்து முதிர் நிலையை அடையும் கட்டம் எனலாம். அடிநிலப் பாதைகள் அரிக்கப் பட்டும் கரைக்கப்பட்டும் அகலப்படுவதால் நிலநீர் மட்டம் தாழ்கிறது. இளம் நிலையில் சுண்ணாம்புப் பாறையில் நீர் மூன்று திசைகளில் பாய்கிறது. அதாவது பாறையின் மேல் மண்டலத்தில் அது கீழ் நோக்கியும், அடி மண்டலத்தில் பக்கங்களிலும், இடை மண்டலத்தில் நில நீர் மட்டத்திற்கு ஏற்ப கீழ் நோக்கியும் பக்கங்களிலும் காணப்படுகிறது.

முதிர் நிலை

அடிநில வடிகால் உச்ச நிலையை அடையும்போது மேற் பரப்பில் சிறிய ஓடைகள் இங்கும் அங்கும் சிறிது தூரத்திற்கு பாய்ந்து உறிஞ்சித்துளைகளில் புகுந்து மறைகின்றன. இந் நிலையில் குகைகள் நன்கு வளர்ச்சி பெற்றுள்ளன. முதிர் நிலையில்தான் கார்ஸ்ட் நிலத்தோற்றம் உச்ச நிலையை அடைந்து காணப் படுகிறது. விழுங்குத் துளைகள், முட்டுப் பள்ளத்தாக்குகள் (blind valleys) ஆகியவை மிகுந்து காணப்படுகின்றன. உறிஞ்சித் துளைகள் உச்ச எண்ணிக்கை கொண்டுள்ளன.

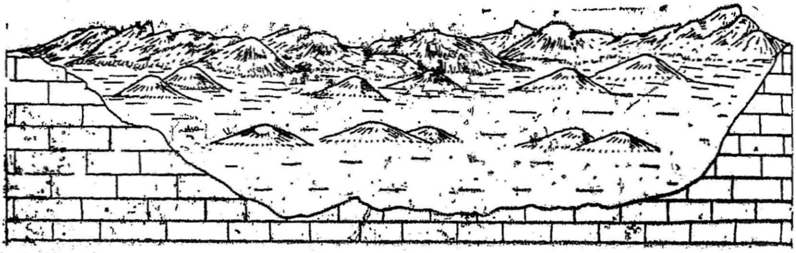
பின் முதிர் நிலை

பின் முதிர் நிலையில் அடிநில ஆறுகள் அடியிலுள்ள நீர் புகா பாறையை அடைகின்றன. சுண்ணாம்புப் பாறை கரைந்து அகற்றப் படுவதால் மட்டத்தில் அது குறைந்து வந்து அடிநிலக் குகைகள் நொறுங்குகின்றன. அப்போது யுவாலாக்கள் பெரிதாகின்றன.

முதுமை நிலை

சுண்ணாம்பு நிலத்தில் அடியிலுள்ள நீர்புகா பாறை அரிப்பின் அடிமட்டமாக செயல்படுகிறது. எனவே குகைகள் ஆழப்படுவது அந்த அடிமட்டத்தைப் பொறுத்துள்ளது; கரைதலினால் நிலம் தாழ்ந்து போவது தடைபடுவதில்லையாகையால் குகைகளின் கூரைகள் மெல்லியதாகி இறுதியில் நொறுங்குகின்றன. பிறகு

குகைகளின் கூரைகள் முழுவதும், அகற்றப்பட்டு மறைகின்றன. அடிநில ஆறுகளின் அரிப்பினால் சுண்ணாம்புப் பாறை அரிக்கப்பட்டு அடியிலுள்ள நீர்புகா பாறை இப்போது ஆங்காங்கே வெளித் தோன்றுகிறது. இப்போது சுண்ணாம்புப் பாறைகள் முழுவதும் அகற்றப்படுவதால் அடிநிலத்தில் பாயும் ஆறுகள் அடியிலுள்ள வெளித் தோன்றிய நீர்புகா பாறையை அரித்து அதில் பள்ளத்



படம் 71. போல்ஜேவும் எஞ்சிய குன்றுகளும்.

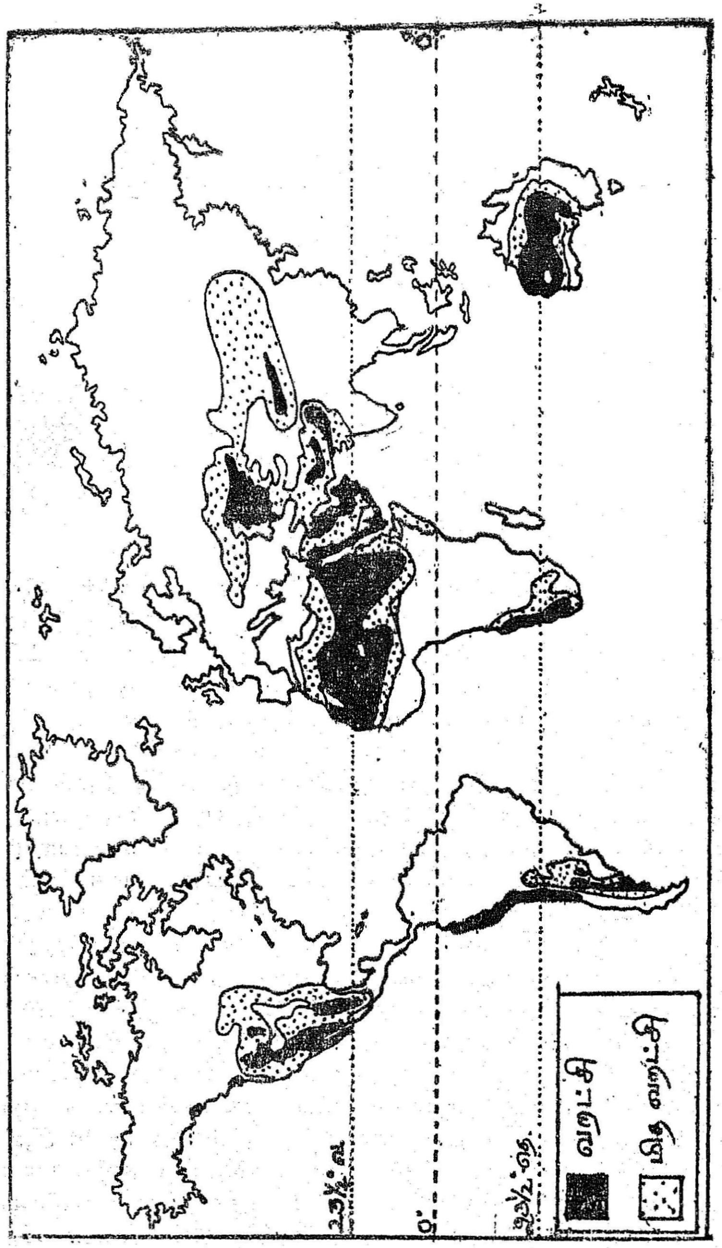
தாக்குகளை ஏற்படுத்துகின்றன. எனவே, அடிநில வடிகால் இப்போது மீண்டும் மேற்பரப்பு வடிகாலாக மாறுகிறது. குகைகள் நொறுங்குவதாலும், யுவாலாக்கள் இணைவதாலும் போல்ஜேக்கள் தோன்றுகின்றன. முதுமை நிலையில் சுண்ணாம்புப் பாறை முழுவதும் கரைந்தும் அரிக்கப்பட்டும் அகற்றப்பட்ட போதிலும் எஞ்சிய சுண்ணாம்புப் பாறைத் திட்டுகள் (hums) சிதறலாக ஆங்காங்கே குன்றுகள் போல் காட்சியளிக்கும். இக் குன்றுகள், குகைச் சுவர்களின் (cavern walls) எஞ்சிய பகுதிகளாகும் (படம்: 71).

13. காற்றும், வறண்ட பிரதேச நிலத்தோற்றங்களும்

(Wind and Arid landscapes)

மழைப் பிரதேசங்களில் காணப்படும் அரிப்புச் செயல் முறைகளே வறண்ட பிரதேசங்களில் காணப்பட்டாலும் அவற்றின் வீரியம் வேறுபடுவதால் வறண்ட பகுதிகளில் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள் மழைப்பிரதேச நிலத்தோற்றங் களினின்றும் பெரிதும் மாறுபடுகின்றன.

புவியின் பரப்பில் சுமார் மூன்றில் ஒரு பங்கு வறட்சி, மித வறட்சி கால நிலையைக் கொண்டுள்ளது (படம்: 72). இவை பாலைவனங்களாக காட்சியளிக்கின்றன. ஓரிடத்தின் வறட்சி அவ்விடத்தின் மழையளவையும், ஆவியாகும் அளவையும் பொருத்துள்ளது. பாலைவனங்களின் தோற்றத்திற்கு வெப்ப மிகுதியைக் காட்டிலும் சொற்ப மழையளவே முக்கிய காரண மாகிறது. இங்கு காற்றில் ஈரப்பத விகிதம் (Relative Humidity) மிகவும் குறைவாக இருக்கும். பொதுவாக மழையளவு சுமார் 250 மி.மீக்கும் குறைவாக உள்ள பகுதிகளைப் பாலைவனம் எனலாம். வறண்ட நிலத்தில் தினமும் வெப்பம் மிக அதிக மாகவும், மழை மிகக் குறைவாகவும் ஈரப்பதம் குறைவாகவும் உள்ளதால் ஆவியாதலின் விகிதம் மழையளவைக் காட்டிலும் மிக அதிகமாக உள்ளது. அதாவது நிலத்தை அடையும் மழை நீரின் அளவைக் காட்டிலும் ஆவியாதலின் மூலம் இழக்கப்படும் நீரின் அளவே அதிகமாக உள்ளது. எனவே இங்கு தாவரங்கள் மிகச் சொற்பமாகக் காணப்படுகின்றன. இங்குள்ள ஓடைகள் மழைக் காலத்தில் மட்டுமே நீரோட்டம் கொண்டுள்ளன. குறை வான மழையளவும், குறைவான ஈரப்பதமும் மிக அதிக ஆவி யாதலும், நல்ல சூரிய ஒளியும், கோடையில் மிக அதிக பகல் வெப்பமும், இரவில் மிக அதிக வெப்பக் கதிர் வீச்சும் வலிமை யான வறண்ட காற்றும் பாலைவனங்களின் பொதுவான பிற பண்புகளாகும்.



படம் 72. உலகில் பாலைவனங்களின் பரவல்.

பாலைவனங்களின் தோற்றம்

உலகிலுள்ள பாலைவனங்களில் பெரும்பாலும் அயன மண்டலத்தில் 15°-30° அட்சரேகைப் பகுதியில் காணப்படுகின்றன. இம் மண்டலத்தின் ஒரு பகுதியில் காற்றின் அழுத்தம் அதிகமாக உள்ளது. இந்த உயர்வழுத்தப் பகுதியிலிருந்து பூமத்திய ரேகைப் பகுதியை நோக்கி வியாபாரக் காற்று (trade winds) வீசுகிறது. இது வெப்பம் குறைந்த பகுதியிலிருந்து வெப்பம் அதிகமுள்ள பகுதியை நோக்கி வீசுவதால் விரைவில் வறண்டு விடுகிறது. கிழக்கிலிருந்து மேற்கு நோக்கி வீசும் இக் காற்று கடலிலிருந்து ஈரப்பதத்தைப் பெற்று கண்டங்களின் கிழக்குக் கரையில் மழையைத் தருவிக்கிறது. கண்டங்களின் மேற்குப் பகுதிக்குச் செல்லும்போது அது வறண்டுவிடுவதால் அங்கு மழைக் குறைந்து வறட்சி ஏற்படுகிறது. ஆகவே, அயன மண்டல பாலைவனங்கள் பெரும்பாலும் கண்டங்களின் மேற்குப் பகுதியில் காணப்படுகின்றன. சஹாரா, கலஹாரி, சிலியிலுள்ள அடகாமா, அரேபியா, தார், சனோரா (Sonora), மேற்கு ஆஸ்திரேலியா போன்ற பாலைவனங்கள் இதற்கு உதாரணமாகும். உலகிலுள்ள பாலைவனங்களில் பெரும்பாலும் கண்டங்களின் காற்றெதிர் முகத்தில் (lee ward) அமைந்துள்ளன. பூமத்திய ரேகைக்கு அருகில் சூரியனால் வெப்பப்படுத்தப் பட்ட காற்று மேல் நோக்கி எழுந்து பின்னர் துருவத்தை நோக்கிச் செல்கிறது. சுமார் 30° அட்சத்தில் (Horse Latitude) அது தரையில் இறங்குவதால் அங்கு ஒரு உயர் அழுத்த மண்டலம் தோன்றுகிறது. அப்போது வளி மண்டலத்தின் கீழ் மட்டத்தில் காற்று அமுக்கப்பட்டு காற்றிலுள்ள மூலகங்கள் மோதுவதால் வெப்பம் அதிகரிக்கிறது. எனவே, காற்றின் ஈரப்பத கொள் அளவு அதிகரிக்கிறது. கீழிறங்கி வரும் வெம்மையான காற்றில் ஈரப்பதம் உடனுக்குடன் ஈர்க்கப்பட்டு ஆவியாவதால், அது தரையை அடையும்போது வறண்டதாகக் காணப்படுகிறது. எனவே, இங்கு மழையளவு குறைவாகவும், ஆவியாதல் அதிகமாகவும் காணப்படுகிறது.

மலைத் தொடர்களில் மழை மறைவுப் பகுதியிலும் இவ்வாறே பாலைவனங்கள் தோன்றுகின்றன. வெம்மையான, ஈரம் நிறைந்த காற்று மலையைக் கடக்கும் போது மேல்நோக்கி உந்தப்படுகிறது. அப்போது அது விரிவடைந்து குளிர்வதால் அதிலுள்ள நீராவி நீராக மாறி மலைச்சரிவில் மழையாகப் பொழிகிறது. மலைத் தொடரின் மறுபுறம் மழை மறைவுப் பகுதியாக விளங்குவதால் அங்கு பாலைவனங்கள் தோன்றுகின்றன.

சஹாரா, அரேபியா, கலஹாரி, ஆஸ்திரேலியா பாலை வனங்கள் பீட பூமிகளில் அமைந்துள்ளன. இதற்கு மாறாக ஆசியாவிலும், வட அமெரிக்காவிலும் உள்ள பாலைவனங்கள் மலையிடைப் பள்ளங்களில் அமைந்துள்ளன. இராஜஸ்தானிலுள்ள தார் பாலைவனம் சமவெளியில் அமைந்துள்ளது. மேற்கூறிய பாலைவனங்கள் யாவும் மழை மறைவுப் பிரதேசத்தில் அமைந் திருப்பதால் வறண்ட காலநிலையைப் பெற்றுள்ளன. இராஜஸ் தான் பாலைவனம் (தார்) பஞ்சாப் சமவெளியின் தெற்கே, ஆரவல்லி மலைக்கு மேற்கே அமைந்துள்ளது. இது கடல் மட்டத் திலிருந்து சுமார் 150 மீட்டர் முதல் 300 மீட்டர் வரை உயரங் கொண்டுள்ளது. வறண்ட கால நிலையினால் இங்குள்ள நிலத் தோற்றங்கள் பெரும்பாலும் காற்றின் செய்கையால் தோன்றி யுள்ளன. இப் பிரதேசத்தில் பாயும் ஒரே நதி லுனி (Luni) எனப் படும் உப்பு நதியாகும் (Salt River).

வறண்ட பிரதேசங்களில் நான்கு முக்கிய செயல் முறை களால் நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. அவை (1) வானிலைச் சிதைவு; (2) காற்றின் அரிப்பு; (3) காற்றின் கடத்தல்; (4) காற்றின் படிதல் ஆகியவையாகும்.

நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குவதில் வானிலைச் சிதைவின் பங்கை ஏற்கனவே பார்த்தோம். பாலைவனங்களில் வெப்ப மாற்றத்தாலும், காற்றின் செய்கையாலுமே வானிலைச்சிதைவு ஏற்படுவதாக முதலில் கருதப்பட்டது. தொடர்ந்த ஆராய்ச்சி யினால் இது பற்றி மேலும் சில உண்மைகள் தெரிய வந்தன. பாலைவனங்களில் வானம் மேக மூட்டமில்லாமல் தெளிவாக இருப்பதாலும், ஒப்பு ஈரப்பதம் குறைவாகவும் வெப்ப வியாப்தி அதிகமாகவும் இருப்பதாலும் பாறைகள் சூரிய வெப்பத்தால் கடுமையாக தாக்கப்படுகின்றன. மேலும் இங்கு தாவரங்கள் இல்லாமையால், பாறைகளில் பகலில் வெய்யிலும், இரவில் வெப்பக் கதிர் வீச்சும் மிக அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. அதாவது பகலில் வெப்பம் சுமார் 37.8°C (100°F)உம், இரவில் சுமார் —11.1C° (20°F) உம் காணப்படுகிறது. எனவே, பாறை களிலுள்ள பல்வேறு தாதுப்பொருள்கள் பல்வேறு விகிதத்தில் விரிவடைந்து சுருங்கி பலவீனமடைந்து உடைகின்றன. பாலை வனங்களில் ஈரப்பதம் மிகக் குறைவாக இருப்பதால் பாறைகளில் இரசாயன சிதைவைக் காட்டிலும் பௌதிகச் சிதைவே முக்கிய மாக காணப்படுகிறது. சிதைவடைந்த பொருள்கள் புவி யீர்ப்பு விசையினாலும், நீரினாலும், காற்றினாலும் கடத்தப் படுகின்றன.

காற்றின் அரிப்பு

வறண்ட பிரதேசத்தில் மழையளவு குறைவாக இருப்பதால் ஆற்றின் அரிப்புச்செயல் குறைவாகக் காணப்படுகிறது. தாவரம் சொற்பமாக உள்ளதால், காற்று விசையுடன் வீசி அரிப்புச் செயலில் ஈடுபடுகிறது. காற்றின் அரிப்பு, அருவியின் அரிப்பைப் போல் ஒரு குறிப்பிட்ட பாதையிலோ அல்லது திசையிலோ கட்டுப்படுவதில்லே. பல திசைகளிலிருந்து காற்று வீசுவதற்கு ஏற்ப பல பக்கங்களிலும் அரிப்பு ஏற்படுகிறது. நீரைப் போலவே காற்றும் (1) அரிப்பு (2) கடத்துதல், (3) படிவித்தல் ஆகிய மூன்று முக்கிய பணிகளேச் செய்கிறது.

காற்று தன் அரிப்புச் செயலே இரு வழிகளில் செய்கிறது. அவை (1) புடைத்தெடுத்தல் (deflation) (2) அரித்துத் தின்னல் (corrasion or abrasion) என்பனவாகும்.

(1) **புடைத்தெடுத்தல்:** புடைத்தெடுத்தல் (deflation) என்பது தரையிலுள்ள உதிரி மண்துகள்கள் காற்றிஞல் தூக்கப்பட்டும், உருட்டப்பட்டும் அகற்றப்படுவதாகும். உலர்ந்த பிணைக்கப் படாத (dry un-consolidated) பொருள்கள் காற்றிஞல் இம் முறையில் கடத்தப்படுகின்றன. இவ்வாறு பொருள்கள் அகற்றப் படுவது காற்றின் வேகத்தையும், பொருள்களின் எடையையும், அளவையும் பொருத்துள்ளது. எனவே நுண்ணிய பொருள்கள் மிக எளிதில் காற்றில் அடித்துச் செல்லப்படுகின்றன. கனத்தப் பொருள்கள் காற்று வேகமாக வீசும்போது மட்டுமே கடத்தப் படுகின்றன. சற்றுப் பெரியதான பாறைத்துகள்கள், கூழாங்கற்கள் ஆகியவை புயல் வீசும்போது சுழல்களிஞல் உந்தப்பட்டு உருண்டும் குதித்தும் செல்கின்றன.

புதைத்தெடுத்தலால் நிலத்தோற்றம் பல்வேறு மாறுதல்களே அடைவதோடு புதிய நிலத்தோற்றங்களும் ஏற்படுகின்றன. புடைத்தெடுத்தலின்போது நுண்ணிய பொருள்கள் அகற்றப் பட்டு கனத்த பொருள்கள் அடியில் தங்குகின்றன. இவை தட்டை யாகவும், மழ மழப்பாகவும் உள்ளன. சில பகுதிகளில் கூழாங் கற்களும், திரண்ட பாறைகளும் இவ்வாறு அடியில் நெருக்கமாக அமைந்து ஒரு கல் தளம் போல காணப்படுகின்றது. இந்த அமைப்பு பாலேவனத் தளம் (desert pavement) எனப்படும். இதன் மேல் கால்சியம் கார்பனேட், ஜிப்ஸம், போன்ற உப்புக்கள் படிவதால் அப்பாறைத் துகள்கள் நன்ருக பிணேக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு இணேக்கப்பட்டவுடன் அவை உறுதியாகவும் புடைத் தலுக்கு இலக்காகாமலும் இருக்கின்றன.

ஊது பள்ளம் (Blow out) :

புடைத்தெடுத்தலினுல் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்களில் மிக முக்கியமானது ஊது பள்ளமாகும். மேல் அடுக்கு மென்மை யாகவோ அல்லது உதிரியான துகள்களைக் கொண்டதாகவோ இருப்பின் காற்று அதில் குடைந்து ஊது பள்ளங்களை ஏற்படுத்து கிறது. ஊது பள்ளங்கள் பெரியதாகவும், ஆழம் குறைந்தும், பல மைல் நீளம் கொண்டதாகவும் காணப்படுகின்றன. இவை பொதுவாக வறண்ட சமவெளிகளில் தோன்றுகின்றன. வட அமெரிக்காவில் பெரிய சமவெளியில் இத்தகைய பள்ளங்கள் நூற்றுக்கணக்காக காணப்படுகின்றன. வையோமிங் (Wyoming) என்ற இடத்திலுள்ள ஒரு பெரிய ஊது பள்ளம் சுமார் 14 கி.மீ. நீளமும் 5 கி.மீ. அகலமும் 100 மீ. ஆழமும் கொண்டுள்ளது. இப் பள்ளத்திலிருந்து சுமார் 10,000 மில்லியன் டன் மண் காற்றினுல் அகற்றப்பட்டிருக்க வேண்டுமென கணிக்கப் பட்டுள்ளது.

காற்றின் செய்கையால் தோன்றும் இத்தகைய ஊது பள்ளங்கள் உலகிலுள்ள எல்லா வறண்ட பகுதிகளிலும் காணப் படுகின்றன. இவை சில சமயம் கடல் மட்டத்தை விட ஆழமாக இருப்பதுண்டு. உதாரணமாக ஆப்ரிக்காவிலுள்ள கட்டாரா (Qattara) ஊது பள்ளத்தின் ஆழம் கடல் மட்டத்திலிருந்து 140 மீட்டராகும். இப் பள்ளங்களில் நீர் நிரம்பும் போது அவை பாலைவனச் சோலை (Oases) களாகின்றன.

புடைத்தெடுத்தல் சில சமயம் கடினமான பாறையடுக்கிலும் ஏற்படுகிறது. பாறைகளில் சிறு பிளவுகள் தோன்றும் போது பாறை இடம் பெயர்வதால் மென்பாறை வெளிப்பட்டு அதில் புடைத்தல் செய்கை ஏற்படுகிறது. தரையிலுள்ள மேடு பள்ளங் களினுல் சில சமயம் சுழல்கள் ஏற்படுவதுண்டு. இவை புடைத் தெடுத்தலைத் துரிதப்படுத்துகின்றன.

புடைத்தெடுத்தலின் முக்கிய விளைவுகளில் மண் அரிப்பு (soil erosion) ஒன்ருகும். வறண்ட சமயத்தில் வெப்பமடைந்த மேற்பரப்பில் வெடிப்புகள் நிறைந்தும், மண் சிதைவடைந்து உதிரியாகவும் காணப்படும். காற்று வேகமாக வீசும்போது அவை அடித்துச் செல்லப்படும்.

(2) அரித்துத் தின்னல் அல்லது உராய்ந்து தேய்தல் : அரித்துத்தின்னல் (corrasion) அல்லது உராய்ந்து தேய்தல் (abrasion) என்பது பாறைகளின் மீது காற்றுமோதி அவற்றைத்

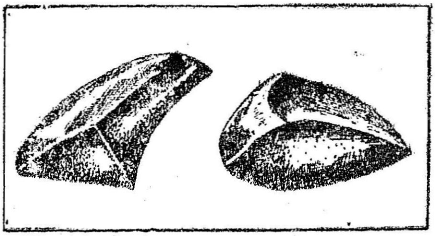
தாக்கி அரிப்பதாகும். காற்று பாறைகளை அரிக்கவேண்டுமெனில் காற்றில் பாறைத் துகள்கள் கலந்திருக்கவேண்டும். சுத்தமான காற்றினால் பாறைகளை அரிக்க இயலாது. காற்றில் பாறைத் துகள்கள் கலந்து வீசவேண்டுமெனில் அது வேகம் கொண்டதாக இருக்கவேண்டும். எனவே, அரித்துத் தின்னல் அல்லது உராய்ந்து தேய்தலுக்கு காற்று விசையுடன் வீசுவதோடல்லாமல் அதில் குவார்ட்ஸ் போன்ற பாறைத்துகள்கள் கலந்திருக்கவேண்டும். இத்தகைய காற்று தொடர்ச்சியாக வீசுவதாலோ அல்லது விட்டு விட்டு வீசுவதாலோ அதில் கலந்துள்ள பாறைத்துகள்கள் ஒரு உப்புக் காகிதம்போல் (sand paper) பாறைகளின் மேற்பரப்பை அரித்தும் மழ மழப்பாக்கியும் செல்கின்றன.

காற்றில் கலந்துவரும் பாறைத் துகள்களை ஒருஉயர அளவுக்கு மேல் தூக்க முடியாததாகையாலும், தரையை ஒட்டினாற்போல் உராய்வு அதிகமிருப்பதாலும் காற்றின் அரித்துத் தின்னல் செயல் தரையிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தில் மட்டுமே உச்சநிலையில் காணப்படுகிறது. அதி வேகமான காற்றினால் கூட சராசரி அளவுள்ள மணல் துகள்களை தரையிலிருந்து சுமார் 1 மீட்டர் முதல் 1.25 மீட்டருக்கு மேல் தூக்க முடிவதில்லை. பொதுவாக தரையிலிருந்து 45 செ.மீ. உயரத்தில் மணல் மிக அதிக அளவில் காற்றினால் கடத்தப்படுகிறது. எனவே, இவ்வுயரத்தில் அரித்துத் தின்னல் உச்சநிலையில் காணப்படுகிறது. உயரம் செல்லச் செல்ல அரிப்பு குறைகிறது. பாலைவனங்களிலுள்ள மரத்தந்தி கம்பங்கள் தரைக்கு அருகில் அரிக்கப்பட்டிருப்பதை இதற்கு சான்றாகக் குறிப்பிடலாம்.

பட்டைக்கற்கள் (Ventifacts)

காற்றின் அரித்துத் தின்னல் செய்கையால் தோன்றும் நிலத் தோற்றங்களில் மிகச் சாதாரணமாகக் காணப்படுவது பட்டைக் கற்களாகும் (ventifacts). பட்டைக் கற்கள் சிறிய கூழாங்கல்லிலிருந்து பெரிய பாறைவரையிலான அளவுகளில் காணப்படுகின்றன. பாலைவனங்களில் காற்றினால் கடத்தப்படாமல் இருக்கும் கற்கள் காற்றுமுகத் திசையில் அரிக்கப்பட்டு அவற்றின் பரப்பு பட்டையாகிவிடுகிறது. காற்றின் திசை மாறும்போது மற்ற பக்கங்களும் அரிக்கப்படுவதால் இத்தகைய பட்டைக்கற்கள் தோன்றுகின்றன. இவற்றின் பக்கங்கள் மழ மழப்பாகவும், பளபளப்பாகவும் இருக்கின்றன. பட்டைக் கற்களில் காற்றின் திசை மாற்றத்திற்கு ஏற்ப பக்கங்களின் எண்ணிக்கை காணப்படுகின்றன. சஹாரா பாலைவனத்தில் காணப்படும் இக்கற்களுக்கு மூன்று பக்கங்கள் உள்ளன. இவை முப்பட்டைக் கற்கள்

(dreikanters) எனப்படுகின்றன (படம்: 73). பாறைகள் வானிலைச் சிதைவினால் உடைபடும்போது கூரிய முனைகளைக்



படம் 73. முப்பட்டைக் கற்கள்.

கொண்டுள்ளன. இம் முனை காற்றுமுகத் திசையில் அமைந்திருந்தால் அது காற்றை இரு திசைகளில் பிரித்துவிடுகிறது. அப்போது இரு பக்கங்களும் ஒரே சமயத்தில் அரிக்கப்பட்டு மழ மழப்பாகின்றன. காற்றின் திசை மாறினால் இதேபோல் வேறு இரு பக்கங்கள் அரிக்கப்படுகின்றன.

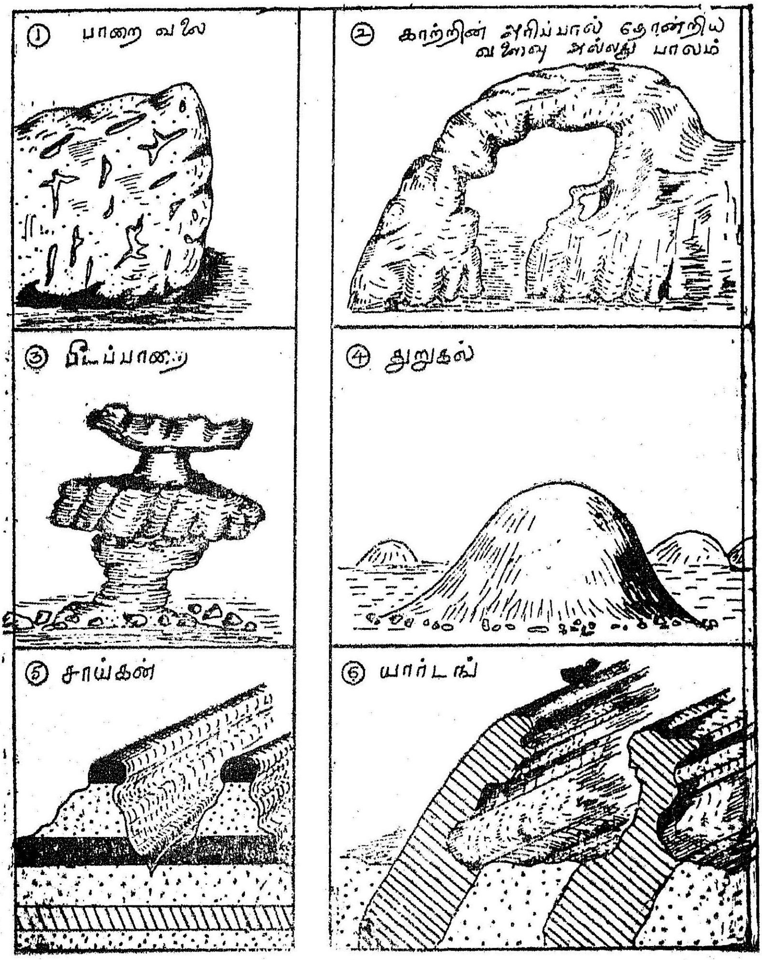
காளான் பாறை

பாறைகளின் கடினத்தன்மை அடுக்கிற்கு அடுக்கு மாறுபடுவதால் அவை வெவ்வேறு விகிதத்தில் காற்றினால் அரிக்கப்படுகின்றன. பாறைகளின் மென்மையான அடுக்கு கடின அடுக்கைவிட எளிதில் அரிக்கப்படுவதால் கடின அடுக்கு அகன்றதாயும், மென்மை அடுக்கு குறுகியதாயும் காணப்படுகிறது. இதைத்தவிர, தரைக்கு அருகில் காற்றின் அரிப்பு துரிதமாக இருப்பதால், பாறைகளின் அடிப்பாகம் மிகுதியாக அரிக்கப்பட்டு குறுகலாகக் காட்சியளிக்கும். மேற்பகுதியில் அகன்றும், அடிப்பகுதி குறுகியும் காணப்படும். இவை காளான் பாறைகள் (mushroom rocks) அல்லது பீடப் பாறைகள் (pedastal rocks) எனப்படுகின்றன (படம்: 74). பாறைகள் உராய்ந்து தேய்தலினால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்களில் இவை மிக முக்கியமானவையாகும். இதேபோல் பாறைகளின் மூட்டுக்களோ அல்லது அடுக்குத்தளமோ வெளித்தோன்றினால் அவை காற்றினால் எளிதில் அரிக்கப்படுகின்றன.

சூகன், யார்டங்

மாக்கல், சேற்றுப்பாறை போன்ற மென்பாறை அடுக்கின் மேல் தட்டையான கடினப்பாறை அடுக்குகள் கிடையாக அமைந்திருப்பின் அவை காற்றினால் குறுக்காக அரிக்கப்பட்டு சூகன் (zeugen) என்ற நீண்ட குன்று தோன்றுகிறது. இது சுமார்

45 மீட்டர் வரை உயர்ந்திருக்கும். தட்டையான உச்சியையும், செங்குத்தான பக்கங்களையும் கொண்டுள்ள சூகன் ஒன்றுக்



படம் 74. காற்றின் அரித்துத்தின்னல் அல்லது உராய்ந்து தேய்தலினால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்.

கொன்று இணையாகக் காணப்படுகிறது. கடினப்பாறை, உச்சியிலும் மென்பாறை அடியிலுமுள்ள இக்குன்றின் அடிப்பாகம் மேலும் அரிக்கப்படும்போது இக்குன்று பிடிப்பு இழந்து நொறுங்கி விழுகிறது. இவ்வாறு நொறுங்கிய நிலஅமைப்பு அமெரிக்காவில் கரடுமுரடான (bad land) நிலங்களில் காணப்படுகிறது.

காற்றின் அரிப்பினுல், கடின மென்பாறை அடுக்குகளில் தோன்றும் மற்ருெரு முக்கிய நிலத்தோற்றம் யார்டங் (yardang) ஆகும். யார்டங் என்பது சூகனைப் போலவே கிடையர்ன பாறை அடுக்குகள் குறுக்காக அரிக்கப்பட்டு தோன்றும் நீண்ட குன்றுகளாகும். இவை பொதுவாக சுமார் 6 மீட்டர் உயரமும், 10 முதல் 40 மீட்டர் வரை அகலமும் கொண்டுள்ளன. இவை காற்று அரித்த நீண்ட பள்ளங்களினுல் பிரிக்கப்படுகின்றன. இப் பள்ளங்கள் யார்டங் பள்ளம் (yardang trough) எனப்படும். இவற்றின் ஆழம் பெரும்பாலும் 3 மீட்டருக்கு குறைவாகவே இருக்கும். சூகனுக்கும், யார்டங்குக்கும் உள்ள வேறுபாடு என்னவெனில், சூகனில் உச்சி தட்டையாக மேஜை போன்று காணப்படுகிறது. யார்டங்கில் அது கரடுமுரடாகவோ அல்லது கூர்மையாகவோ காணப்படுகிறது. சூகன், யார்டங் நீண்ட குன்றுகளும், பள்ளங்களும் காற்றின் திசைக்கு இணையாக இருப்ப தால் அவை காற்றினுல் அரிக்கப்பட்டு தோன்றியவை என்பதில் யாதொரு ஐயமும் இல்லை. நிலப்பரப்பிலுள்ள மென்மையான பாறைகள் எளிதில் அரிக்கப்பட்டு தோன்றுவதால் இவை ஒழுங்கற்ற அமைப்பைக் கொண்டுள்ளன. எனினும் இவை ஒன்றுக்கொன்று இணையாகவே காணப்படுகின்றன.

நூல் வலை, வளைவுகள்

மலையடிவாரத்திலுள்ள பாறைகள் காற்றினுல் அரிக்கப்பட்டு தட்டையான ஓங்கல் முகம் (cliff face) தோன்றுகிறது. இதன் அடிப்பாகம் அரிக்கப்பட்டு ஓங்கல் தனித்திருப்பது போல் தோன்றும். ஓங்கல் முகத்தில் மணலின் உராய்வினுல் பள்ளங் களும் குழிகளும் ஏற்பட்டு அது ஒரு திரைச் சீலை அல்லது நூல் வலை (rock latice) போல் காட்சியளிக்கும். கடற்கரைகளில் பாறை களில் காணப்படும் வளைவுகளைப் (arches) போல் பாலைவனங் களிலும் பாறைகளில் சில சமயம் காணப்படுகின்றன. இவை காற்றின் அரிப்பினுல் தோன்றுவதாகக் கருதப்படுகிறது. அரி சோனுவில் மானுமென்ட் பள்ளத்தாக்கில் (Monument valley) இத்தகைய வளைவுகள் உள்ளன.

தேன் கூட்டுச் சிதைவு (Honey-comb weathering)

சில இடங்களில் காற்றின் செய்கையால் பாறையின் முகப்பில் தேன்கூடு போன்ற அமைப்பு ஏற்படுகிறது. அதாவது பாறையி லுள்ள சில தாதுக்கள் எளிதில் சிதைவுறுவதால் அவை காற்றினுல் எளிதில் அகற்றப்படுகின்றன. அப்போது தாதுப் பொருள்கள் அகற்றப்பட்ட சிறு குழிகள் தோன்றுகின்றன. இத்தகைய

குழிகள் கொண்ட பாறைகள் தேன் கூட்டினை ஒத்திருப்பதால் இதற்கு தேன் கூட்டுச் சிதைவு (honey-comb weathering) என்று பெயர்.

காற்றின் கடத்தும் செயல்

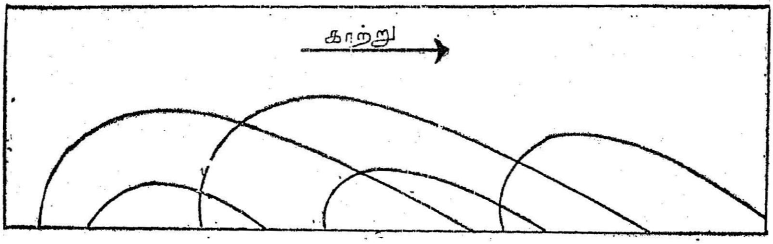
பாறைத் துகள்களைக் காற்று மூன்று வழிகளில் கடத்துகிறது. அவை (1) தொங்குநிலை (2) தாவுதல் (3) தரையில் ஊர்தல் (surface creep) என்பனவாகும். காற்றின் கடத்தும் திறனை அறிந்து கொள்வதற்கு இக் குறிப்புகள் பயனுள்ளதாக இருக்கும். தரைக்கு மிக அருகில் காற்றின் அசைவு வெகுவாகத் தடைப்படுகிறது. தரையிலிருந்து உயரே செல்லச் செல்ல காற்றின் வேகம் அதிகரிக்கிறது. தரைக்கு அருகில் சுழல்களின் மூலம் மேல் நோக்கிச் செல்லும் காற்றின் வேகம். கிடையாகச் செல்லும் காற்றின் வேகத்தில் ஐந்தில் ஒரு பங்கு இருக்கிறது.

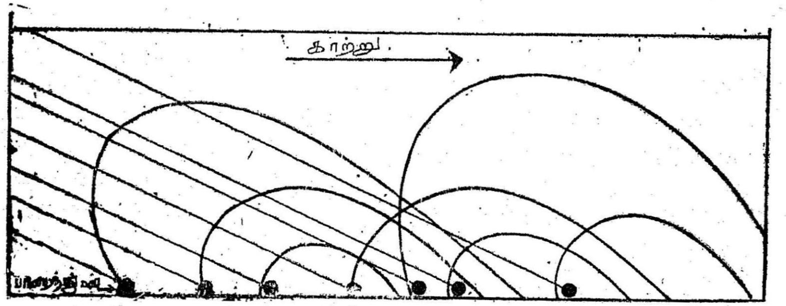
காற்றினால் அடித்துச் செல்லப்படும் பாறைத் துகள்களை இரு அளவுகளில் வகைப்படுத்தலாம். அதாவது 0.06 மில்லி மீட்டருக்குக் குறைவான விட்டங்கொண்ட துகள்களை தூசி (dust) என்றும், 0.06 மில்லி மீட்டருக்கு அதிகமான விட்டமுள்ளவற்றை மணல் (sand) என்றும் பிரிக்கலாம்.

தூசி, களிமண், சேறு, வண்டல் ஆகியவற்றின் நுண்ணிய துகள்கள் காற்றினால் தொங்குநிலையில் கடத்தப்படுகின்றன. காற்றின் சுழல்களினால் இவை சுமார் 1600 கி.மீ. தூரத்திற்கு கூட கடத்தப்படுகின்றன. தூசி காற்றினால் மிக உயரத்திற்கு கொண்டுச் செல்லப்படுகிறது. சில சமயம் வளிமண்டலத்தில் சுமார் 3000மீ. வரை அவை கொண்டுச் செல்லப்படுகின்றன. மேல் நோக்கி எழும் காற்றின் வேகம், பொருள்கள் கீழ்நோக்கிப் படியும் வேகத்தைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பின் தூசிப் போன்ற நுண்ணியப் பொருள்கள் காற்றில் மிதக்கும் நிலையில் (தொங்கு நிலையில்) கடத்தப்படுகின்றன. இவை காற்றில் நீண்ட தூரம் மிதந்துச் செல்கின்றன.

மணல் துகள்கள் பெரியதாகையால் அவை கடத்தப்பட்ட சற்று நேரத்திற்கெல்லாம் கீழே விழுந்துவிடுகின்றன. மணல் துகள்களின் கீழ்நோக்கிப் படியும் வேகம், காற்றின் மேல் நோக்கி எழும் வேகத்தைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பதால் அவை உடனுக்குடன் தரையில் விழுகின்றன. காற்று வேகமாக வீசும் போது மணல் துகள்கள் ஒன்றோடொன்று மோதுவதால் அவை மேலே தூக்கியெறியப்படுகின்றன. காற்றின் உந்து விசையால் தரையில் வேகமாக உருண்டுச் செல்லும் துகள்கள் திடீரென

வேறு துகள்களுடன் மோதும்போது அவை காற்றில் மேல் நோக்கி தாவுகின்றன. சில சமயம் மோதப்பட்ட துகள்களும் அவ்வாறு மேலெழுவதுண்டு. இவை காற்றில் சிறிது தூரம் கடத்தப்பட்டு பின்பு மீண்டும் தரையில் விழுகின்றன. துகள்கள் இவ்வாறு கடத்தப்படுவது தாவுதல் (saltation) எனப்படும். மேல்நோக்கி எழுந்த துகள்கள் காற்றில் முன்னேக்கி கடத்தப் படும் அதேசமயத்தில் அவை தரையை நோக்கி ஈர்க்கப்படுவதால் அவை ஒரு நீள் வளைவான பாதையில் (parabolic path) பயணம் செய்கின்றன. மிக அதிகமான கோணத்தில் தரையைவிட்டு மேலெழும் துகள்கள் மிகக் குறைவான கோணத்தில் தரையை வந்தடைகின்றன (படம் : 75). தாவுதலில் துகள்கள் ஒன்ருே





படம் 75. காற்றினல் பாறைத் துகள்கள் கடத்தப்படும் விதம்.

டொன்று மோதுவதால் நீண்ட தூரத்திற்கு அவை விலகிச் செல்கின்றன. கடத்தலின்போது மணல் துகள்கள் பொதுவாக தரையிலிருந்து சுமார் 6 அடிக்குமேல் காற்றில் மேலெழுவதில்லை.

பெருமணல் துகள்கள் எடை மிகுதியால், ஒன்ருேடொன்று மோதும் போது கூட காற்றில் மேலெழுவதில்லை. அவை அளவில் பெரியதாகையால் தரையில் உருண்டுச் செல்கின்றன. தட்டை யான பரப்பில் அமைந்த 5 செ.மீ. முதல் 7.5 செ.மீ வரை

விட்டங்கொண்ட கூழாங்கற்கள், பரல் கற்கள் ஆகியவை வேகமான காற்றினால் உந்தப்பட்டு உருண்டு செல்வதுண்டு. ஆனால் இவை நீண்ட தூரத்திற்கு பயணம் செய்யாது. இவ்வாறு தரையில் தள்ளப்பட்டும், உருட்டப்பட்டும் பாறைத்துகள்கள் கடத்தப்படுவதை ஊர்தல் (creep) என்கிறோம். காற்று கடத்தும் பொருள்களில் சுமார் கால் பங்கு இம் முறையில் கடத்தப்படு கிறது.

தரையிலிருந்து நிலநீர் மட்டத்தின் ஆழத்தைப் பொருத்து காற்றின் கடத்தும் செயல் துரிதப்படுகிறது. காற்றின் செய்கையால் பாலைவனத்திலிருந்து புழுதியும் மணலும் அதிக அளவில் கொண்டுச் செல்லப்பட்டால் நிலநீர் மட்டம் தாழ்ந்து விட்டது என்பது பொருளாகும். ஏனெனில் நிலநீர் தரைக்கு மிக அருகில் இருந்தால் மணலும், தூசியும் ஈரமாயிருக்கும். ஈரமுள்ள மணலை காற்று கடத்தாது.

காற்று படிவித்தல்

காற்றில் தொங்கு நிலையில் கடத்தப்படும் நுண்ணிய தூசுக் களும், தாவியும் உருண்டும் செல்கிற மணல் துகள்களும் காற்றின் வேகம் குறையும்போது ஆங்காங்கே படிகின்றன. அவ்வாறு படிந்து தோன்றும் நிலத்தோற்றங்களில் காற்றடி வண்டலும் (loess) மணல் மேடும் (sand dune) முக்கியமானவையாகும்.

காற்றடி வண்டல்

காற்றடி வண்டல் (loess) காற்றில் அடித்துக் கொண்டு வரும் நுண்ணிய தூசுக்கள் படிவதால் தோன்றுவதாகும். வறண்ட பாலைவனங்களில் தோன்றும் தூசுக்கள், நிலையான வேகமான காற்றினால் நீண்ட தூரத்திற்கு கடத்தப்படுகின்றன. சிலச் சமயங்களில் இவை மழைப் பிரதேசங்களுக்குக் கூட கடத்தப் படுகின்றன. அப்போது மழையில் இவை கலந்து தரையில் படிகின்றன.

காற்றடி வண்டலைப் பற்றி முதன் முதலில் ஆராய்ச்சி செய்தவர் வான் ரிச்தாபன் (Von Rich thofen) என்பவராவர். இவர் வடமேற்கு சீனாவில் பெரிய அளவுக்கு பரவியிருந்த காற்றடி வண்டலை ஆராய்ந்தார். இவ் வண்டலின் நிறம் மஞ்சள் அல்லது மங்கலான மஞ்சளாகும். இவ் வண்டல் நுண்ணிய துகள்களைக் கொண்டுள்ளது. இவற்றில் துகள்கள் ஒன்றோடொன்று ஒட்டினாற் போல் உள்ளன. இவை எளிதில் தகர்ந்து விழக்கூடியவை. காற்றடி வண்டல் பொதுவாக புரைத்தன்மை அதிகம் கொண்டது. இதில் அடுக்கமைப்பு இல்லையெனினும் கனப்

பட்டை (columnar) அமைப்பு காணப்படுகிறது. காற்றடி வண்டல் தூசி படியும்போது அங்குள்ள புற்களின் வேர்களும், தண்டுகளும் வண்டலில் புதைந்து விடுவதால் இக் கனப் பட்டை அமைப்பு ஏற்படுகிறது. தாவரங்களின் மக்கிய பொருள் களிலிருந்து எஞ்சிய கால்சியம் கார்பனேட் இங்கு படிவதால் செங்குத்து குழாய் போன்ற அமைப்பு காற்றடி வண்டலில் காணப்படுகிறது. காற்றடி வண்டலில் புற்கள் உள்ளுக்குள் புதைந்திருப்பதால் அதன் சுவர்கள் எளிதில் அரிக்கப்படாமல் செங்குத்தாக நிற்கின்றன. வண்டல் பொதுவாகப் பல நூறு மீட்டர் கனத்திற்கு படிவதால் அடியிலுள்ள நிலத்தோற்றங்களை அது மறைத்து விடுகிறது. மிக உயர்ந்த குன்றுகள் மட்டும் ஆங்காங்கே வெளிப்படும். காற்றடி வண்டல் ஆற்றுப் படிவுகளைப் போல் கிடையாகப் படியாமல் மலைச் சரிவுகளைச் சார்ந்து படிகிறது. அதாவது அடியிலுள்ள தரையின் அமைப்புக்கு ஏற்ப அது சரிவாகவோ அல்லது செங்குத்தாகவோ காணப்படுகிறது.

காற்றின் செய்கையால் நுண்ணிய துகள்களான வண்டல் வெகு தூரத்திற்கு கடத்தப்பட்டு படிகிறது. பனியாற்று வண்டல் சமவெளி, ஆற்று வண்டல் சமவெளி, ஆகியவற்றிலிருந்து காற்று வீசும் போது அது அவற்றைப் புடைத்து நுண்ணிய வண்டலைக் கடத்திச் செல்கிறது. பனியாற்று வண்டல் சமவெளியிலிருந்து கடத்தப்படும் நுண்ணிய துகள்களில் பனியாற்று அரிப்பினால் ஏற்பட்ட நுண்ணிய பாறைத்துகள் கலந்து காணப்படுகின்றன. மற்ற பகுதிகளிலிருந்து வந்த வண்டலில் குவார்ட்ஸ், களிமண் ஆகிய தாதுக்களின் நுண்ணிய துகள்கள் காணப்படுகின்றன.

வடமேற்கு சீனாவிலுள்ள ஷான்சி (Shansi) ஷென்சி (Shensi), கான்சூ (Kansu) ஆகிய மாநிலங்களில் காற்றடி வண்டல் ஆயிரக் கணக்கான சதுர கிலோ மீட்டர் பரப்புக்குப் பரவியுள்ளது. இவை யாவும் மித வறட்சி மண்டலத்தில் அமைந்துள்ளன. இவை மத்திய ஆசியாவிலிருந்து காற்றினால் கடத்தப்பட்டவை. இங்கு தோன்றும் லேசான மழையினால் காற்றடி வண்டல் வெகு ஆழத்திற்கு அரிக்கப்பட்டு கரடு முரடான (bad land) நிலத் தோற்றம் ஏற்பட்டுள்ளது. இப் பகுதியிலுள்ள பள்ளத்தாக்குகள் இவ் வண்டலினால் சுமார் 100 மீ. முதல் 300 மீ. அடி கனத்திற்கு மூடப்பட்டுள்ளன. வடச் சீனாவிலுள்ள பெரியச் சமவெளியில் காணப்படும் வண்டலில் பெரும் பகுதி காற்றடி வண்டலாகும்.

காற்றடி வண்டல்கள் உலகின் இதர பகுதிகளிலும் காணப் படுகின்றன. உதாரணமாக வடக்கு ஐரோப்பியச் சமவெளி,

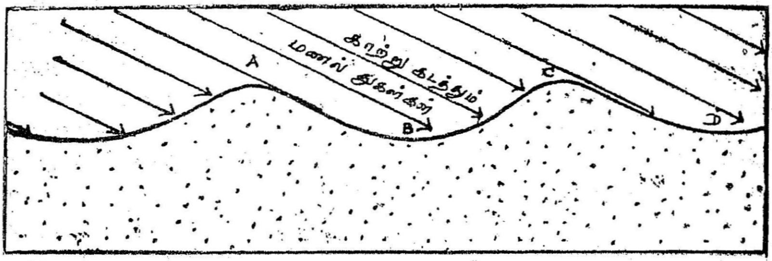
ஆசியாமைனர், மத்திய அமெரிக்கா, அர்ஜன்டைனு, ஆஸ்திரேலியா, இந்தியா போன்ற பகுதிகளில் இவை காணப்படுகின்றன. ஐரோப்பாவில் இது பரவலாகவும் விட்டுவிட்டும் பாரிஸ் கொப்பரையிலிருந்து தெற்கு ரஷ்யா வரை பரவியுள்ளது. பாரிஸ் கொப்பரையில் இதற்கு லைமன் (Limon) என்று பெயர். இது பிளைஸ்டோசின் பனிக்கட்டி விட்டுச் சென்ற நுண்ணிய படிவுகளிலிருந்து வந்திருக்கக் கூடுமென கருதப்படுகிறது. ஐரோப்பாவிலேயே இது மிகவும் வளமுள்ள பகுதியாகக் கருதப்படுகிறது. மழைப் பிரதேசங்களில் காணப்படும் காற்றடி வண்டல் பாலைவனங்களிலிருந்து வந்திருக்க வேண்டுமென்பதற்கு நிறைய சான்றுகள் உள்ளன. வடமேற்கு ஐரோப்பாவில் சில சமயங்களில் பெய்யும் ரத்த மழை (Blood Rain), சஹாரா பாலைவனத்திலிருந்து காற்றில் கடத்தப்பட்டுவரும் சிவந்த தூசிகள் மழையில் கலப்பதால் ஏற்படுவதாகும். இதேபோல் சஹாரா பாலைவனத்திலிருந்து கடத்தப்பட்டுவரும் சிவந்த தூசிகள் ஆப்ரிக்காவின் மேற்கு கடற்கரைக்கு அப்பாலுள்ள கப்பல்கள் மீது படிவதால் அவை சிவந்த நிறத்தை அடைகின்றன.

இந்தியாவில் காற்றடி வண்டல் உப்பு மலைகளிலும் (Salt Range) போட்வார் (Potwar) பீடபூமியிலும் காணப்படுகிறது.

மணல் சிற்றலைகள்

பாலைவனத்தில் மணற்பரப்பு எப்போதும் தட்டையாக இருப்பதில்லை. காற்றின் அசைவினுல் அதில் எண்ணற்ற சிற்றலைகள் (ripples) தோன்றுகின்றன. தட்டையான மணற்பரப்பில் ஓரிடத்திலிருந்து மணல் துகள்கள் அகற்றப்படும்போது ஒரு சிறு பள்ளம் ஏற்படுகிறது. காற்றில் தாவுதல் முறையில் கடத்தப்படும் மணல் துகள்கள் மணற்பரப்பை ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் தாக்குகின்றன. மேற்கூறிய பள்ளத்தில் A B என்ற மேல் காற்று (up wind side) சரிவில் (படம் 76 ஐப் பார்க்க) துகள்களின் தாக்குதல் B C என்ற கீழ்க் காற்றுச் சரிவைக் (down wind side) காட்டிலும் குறைவாக உள்ளது. B C சரிவில் தாக்குதல் அதிகமாகையால் அதிகமான துகள்கள் அதிலிருந்து கடத்தப்படுகின்றன. எனவே பள்ளம் இப்போது பெரியதாகிறது. BC யிலிருந்து கடத்தப்படும் பொருள்கள் படிந்து CD என்ற மற்ரொரு சரிவு தோன்றுகிறது. இவ்வாறு காற்றின் திசைக்கு எதிரிலுள்ள சரிவில் தாக்குதல் அதிகமாக ஏற்படுவதால் பள்ளங்கள் பெரிதாகிக் கொண்டு செல்வதோடு அவற்றிலிருந்து கடத்தப்படும் பொருள்கள் அருகருகே குவிந்து புதிய மேடுகளாகின்றன. இவ்வாறு தோன்றும் மேடுப் பள்ளங்களை மணற்

சிற்றலைகள் (ripples) என்கிறேம். காற்றின் வேகம் மாருமலிருக்கும் வரை இச் சிற்றலைகளுடைய அளவும் மாருமல் இருக்கிறது. அலையின் உச்சியில் பெருந்துகள்களே காணப்படுகின்றன.



படம் 76. காற்றில் கலந்துவரும் மணல் துகள்களின் தாக்குதலினுல் தோன்றும் சிற்றலைகள்

பாக்ஞல்ட் (Bagnold) என்பவர் மணற்படிவுகளை அவற்றின் தோற்றத்திற்கு ஏற்ப பல வகைகளாகப் பிரித்தார். அவை பின் வருமாறு :

(1) மணல் மேடு (sand dune)

(2) மணல் திட்டு (sand drift)

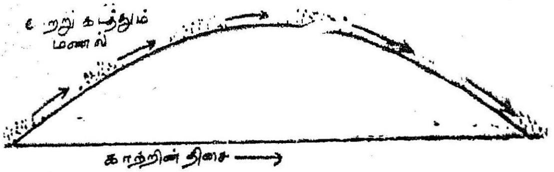
(3) மணல் குன்று (sand hill)

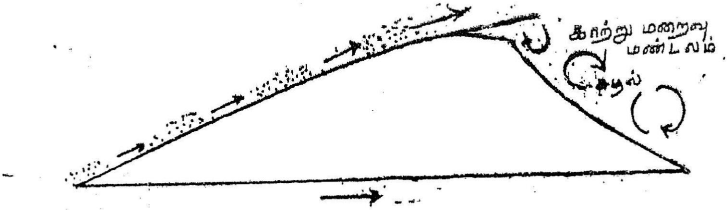
(4) மணல் பரப்பு (sand sheet)

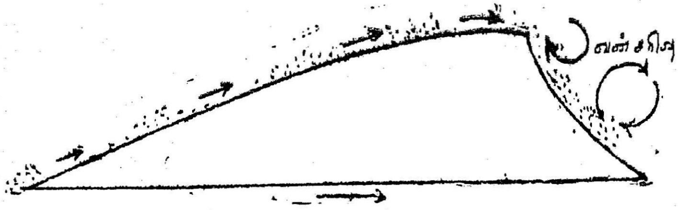
மணல் மேடுகள் (sand dunes)

வறண்ட பகுதிகளில் காற்று வீசும் திசைக்கு எதிராகப் புதரோ அல்லது பாறையோ தடையாக இருந்தால் காற்று அங்கு தடுக்கப்பட்டு அதன் விசை குறைகிறது. அப்போது காற்று கடத்திச் செல்லும் மணலின் ஒரு பகுதி தடையின் பின் புறத்தில் படிகிறது. இவ்வாறு படிந்து குவிந்து காணப்படும் மணற் குவியலுக்கு மணல் மேடு (sand dune) என்று பெயர். மணல் துகள்கள் காற்றடி வண்டலைப் போல் பெரிய பரப்பில் பரவலாகப் படியாமல் ஒரு இடத்தில் பல்வேறு அளவுகளில் குன்றுகளாகப் படிகின்றன. இம் மணல் மேடுகள் பெரும்பாலும் பெருமணல் குவிந்து படிவதால் தோன்றுகின்றன. மணல் மேடுகள் பொதுவாக 30 மீட்டருக்கு மேல் உயர்ந்து காணப்படுவதில்லை. இவற்றின் நீளமும் சில மீட்டர்கள் மட்டுமே இருக்கும். சிற்சில இடங்களில் சுமார் 250 மீட்டர் உயரமும், 1000 மீட்டர் நீளமும் கொண்ட மணல் மேடுகளும் காணப்படுவதுண்டு. இவை தனியாகத் தோன்ற முடியுமென்ருலும் கூட்டமாகவே காணப்

படுகின்றன. பொதுவாக ஆயிரக்கணக்கான சதுர கிலோமீட்டர் பரப்பிற்குப் பரவியிருக்கும் இம் மணல் மேடுகள் சமநிலத்தில்தான் தோன்றுகின்றன. ஒருமுறை தோன்றிய மணல்மேடு பொதுவாக அழிவதில்லை. இவை இந்தியாவின் மேற்கிலுள்ள ராஜஸ்தான் பாலைவனத்திலும், கடற்கரை ஓரங்களிலும் காணப்படுகின்றன.



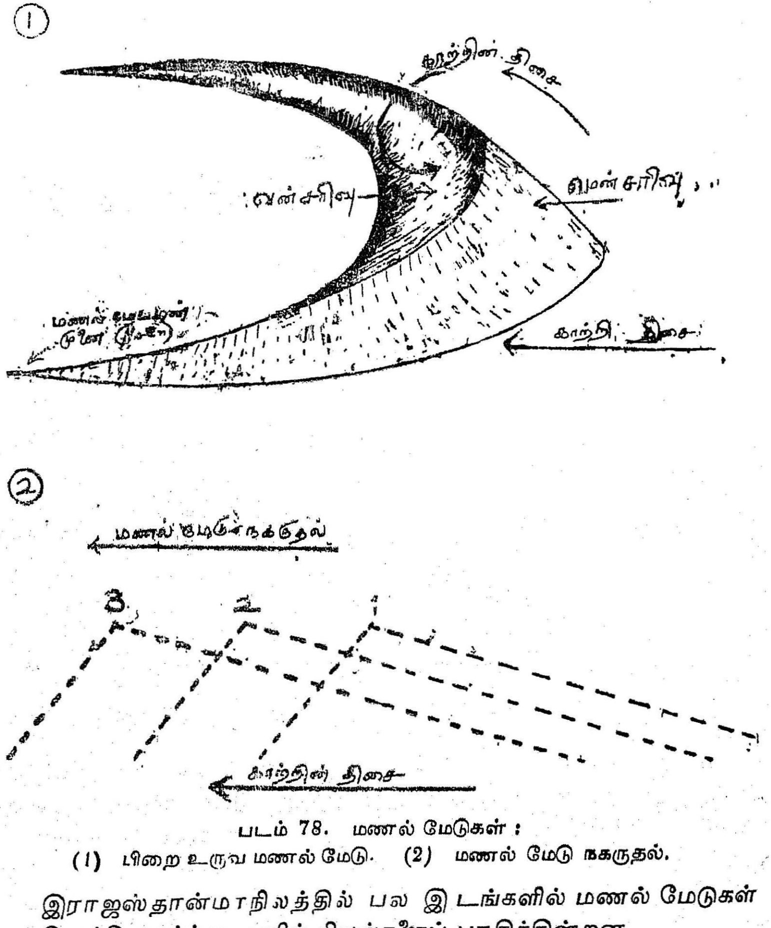




படம் 77. மணல் மேட்டில் சறுக்குச் சரிவு தோன்றுதல்.

மணல் மேடுகள் காற்றின் திசையில் மெதுவாக நகர்ந்து செல்லும். பாலைவனத்தில் ஓரிடத்தில் போதுமான அளவு மணல் குவியும்போது அது காற்றின் போக்கை தடுக்கிறது. அப்போது மணல் மேட்டின் காற்றெதிர் சரிவில் ஒரு காற்று மறைவு (wind shadow) பகுதி தோன்றுகிறது. இப் பகுதியில் காற்றுச் சுழல் (eddy) தோன்றுகிறது. காற்று முகச்சரிவிலிருந்து

கடத்தப்படும் துகள்கள் மணல் மேட்டின் உச்சியை அடையும் போது காற்று மறைவுப் பகுதியில் இச் சுழல் எதிர்படுவதால் கடத்தப்பட்டு வந்த துகள்கள் அனைத்தும் உச்சியின் மறு பக்கத்தில் (leeward) படிகின்றன. இச் சரிவில் வந்து குவியும் மணல், கீழே சரியாமல் இருக்கும்வரை இச் சரிவின் கோணம் அதிகரிக்கும். எனவே இது செங்குத்தாக உள்ளது. இச் சரிவே சறுக்குச் சரிவு (slip face) எனப்படும் (படம் : 77). இவ்வாறு காற்று முகச்சரிவிலிருந்து மறுபக்கத்தில் துகள்கள் கடத்தப்பட்டு படியும்போது மணல் மேடு படிப்படியாக முன்னேக்கி நகருகிறது (படம் : 78).



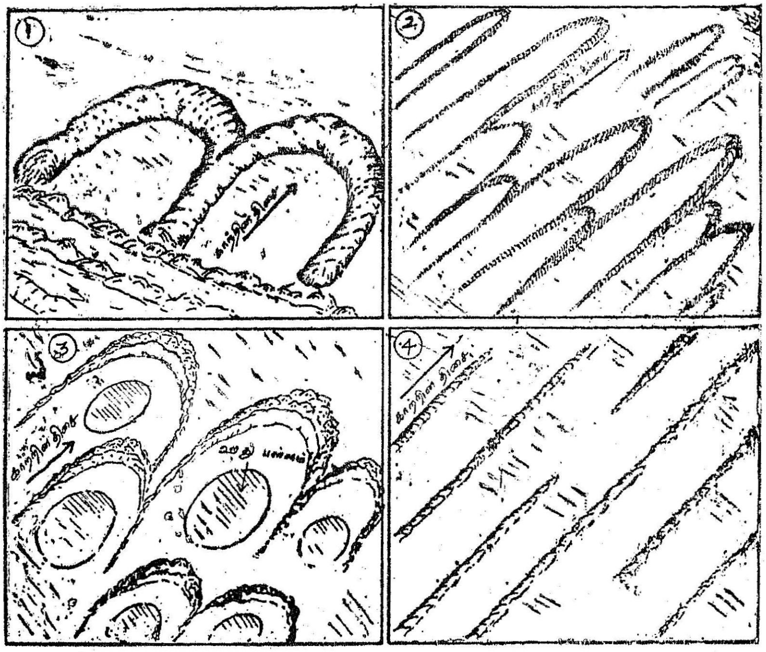
படம் 78. மணல் மேடுகள் :
(1) பிறை உருவ மணல்மேடு. (2) மணல் மேடு நகருதல்.

இராஜஸ்தான்மாநிலத்தில் பல இடங்களில் மணல் மேடுகள் முன்னேக்கி நகர்ந்து, பயிர் நிலங்களைப் பாதிக்கின்றன.

மணல் மேடுகள் நகரக்கூடியவை எனினும் பாலைவனத்திலுள்ள தாவரங்களில் குறிப்பாக மராம் (marram) புற்கள் மணல் மேடுகளில் வேர்களைப் புகுத்தி அவற்றை நகரவிடாமல் பற்றிக் கொள்வதால் அவை ஒரே இடத்தில் ஊன்றி விடுகின்றன. நில நீர்மட்டம் அருகிலுள்ள இடத்திலும் மணல் மேடுகள் இவ்வாறே ஊன்றி விடுகின்றன. மணல் மேடுகள் நகராமல் இருப்பதற்காக விவசாயிகள் அவற்றின் மீது மரங்களை நடுவதுண்டு.

மணல் மேடுகளின் வகைகள்

மணல் மேடுகளைப் பொதுவாக ஐந்து வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு (படம் : 79).



படம் 79. மணல் மேடுகள் :
(1) கடற்கரையில் காற்றின் ஊது செய்கையால் தோன்றும் மணல் மேடு.
(2) தொடு வளைவு மணல் மேடு.
(3) தொடுவளைவு: மணல் மேட்டிற்குள் அமைந்த ஊது பள்ளம்.
(4) நீண்ட மணல் மேடு.

(1) பர்க்கான் அல்லது பிறை உருவ மணல் மேடு (barchan)

(2) சங்கிலித் தொடர் மணல் மேடு (seif dune)

(3) தொடு வளைவு மணல் மேடு (parabolic dune)

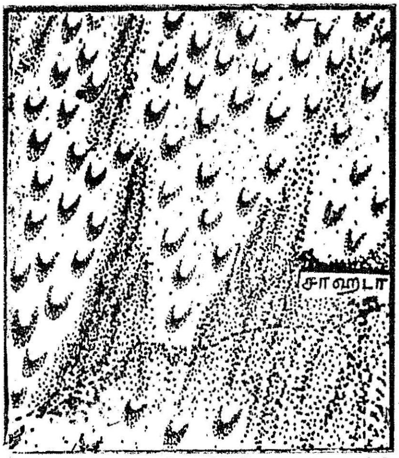
(4) நீண்ட மணல் மேடு (longitudinal dune)

(5) குறுக்கு மணல் மேடு (transverse dune)

(1) பிறை உருவ மணல் மேடு (பர்க்கான்) : பாலைவனத்தில் காற்று ஒரே மாதிரியாக வீசும் பகுதியிலும், தாவரங்கள் மிகக் குறைவாகக் காணப்படும் பகுதியிலும் பிறைச் சந்திரனை ஒத்த மணல் மேடுகள் தோன்றுகின்றன. இம் மணல் மேட்டின் கூரிய முனைகள் (horns) காற்றின் கீழ்த்திசையை (down wind) நோக்கி அமைந்துள்ளன. இம் மணல் மேடு காற்றின் கீழ்த் திசையை நோக்கி நகருவதால் இதன் முனைகள் நீண்டு பிறைச் சந்திரனின் வடிவத்தில் அமைந்திருக்கிறது. இம் மணல் மேட்டில் காற்று முகத்தில் சரிவு குறைவாகவும், மறுபக்கத்தில் சரிவு அதிகமாகவும் உள்ளது. காற்று முகத்திசையிலுள்ள மென் சரிவில் மணல் கடத்தப்பட்டு மறுப்பக்கத்தில் படியும்போது அங்கு காற்றுச் சுழல் ஏற்பட்டு மணல் அங்கு படிவதைத் தடுக்கிறது. அத்துடன் அது அப்பக்குத்தையும் குடைந்து குழிந்த சரிவை ஏற்படுத்துகிறது. எனவே, காற்று முகத்திசையில் மென்மையான புறம் குவிந்த சரிவும், மறுபக்கத்தில் வன்மையான உட்குழிந்த சரிவும் காணப் படுகிறது. பிறை உருவ மணல் மேடு பொதுவாக 3 மீட்டர் வரை உயரமும், 35 மீட்டர் வரை அகலமும் கொண்டிருக்கும். மணல் குறைவாக உள்ள வெறுமையான பாலைவனப் பரப்பில் இம் மணல் மேடுகள் மிகச் சிறப்பாக வளர்ச்சி பெறுகின்றன. இவைத் தனித்தோ அல்லது கூட்டமாகவோ காணப்படும். சில சமயங்களில் இவை ஒன்றோடொன்று இணைந்து சிக்கலான மணல் மேடுகளை ஏற்படுத்துவதுண்டு. உயரம் குறைவான மணல் மேடுகள் பெரிய மணல் மேடுகளைவிட விரைவாக நகரும். இவை ஆண்டுக்கு 6 மீட்டர் முதல் 16 மீட்டர் வரை நகருகின்றன. இந்தியாவில் இராஜஸ்தான் பாலைவனத்தில் இத்தகைய மணல் மேடுகள் காணப்படுகின்றன (படம் : 80).

(2) சங்கிலித் தொடர் மணல் மேடு : காற்றின் திசை மாறக் கூடிய பகுதிகளில் மணல் மேடுகள் ஒரு சங்கிலித் தொடர்போல் நீண்டு காணப்படுகின்றன. இவை பிறை உருவ மணல்மேட்டைக் காட்டிலும் பெரியதாக இருக்கும். தெற்கு ஈரானிலுள்ள இவ் வகை மணல்மேடுகளில் சில 225 மீட்டர்வரை உயர்ந்து காணப்படுகின்றன. சங்கிலித்தொடர் மணல்மேடுகள் சுமார் 60 முதல் 100 கிலோ மீட்டர்வரை ஒரே நேராகிக் காணப் படுவதுண்டு. பாக்னல்ட் (Bagnold) கருத்துப்படி இத்தகைய மணல்மேடுகள், குறுக்குத் திசையில் வீசும் காற்று கடத்திவரும் மணல் துகள்கள் படிவதால் உயரத்திலும் அகலத்திலும் வளரு

கின்றன. காற்று கீழ்த்திசையில் வீசும்போது இவை நீளத்தில் அதிகரிக்கின்றன. இவை பிறைஉருவ மணல் மேடுகளைப்போல் காற்றின் திசைக்கு குறுக்காக அமையாமல் இணையாக அமைந்துள்ளன. சில சமயம் பிறை உருவ மணல்மேடுகள் காற்று குறுக்குத் திசையில் வீசும்போது சங்கிலித் தொடர் குன்றாக மாறுவதுண்டு.



படம் 80. ராஜஸ்தானில் ஜெய்சால்மர் மாவட்டத்தில் உள்ளபிறை உருவ மணல் மேடுகளும் சங்கிலித் தொடர் மணல் மேடுகளும்.

(3) **தொடு வளைவு மணல் மேடு:** தொடு வளைவு மணல் மேடு, உருவத்தில் பிறை உருவ மணல் மேட்டைப் போல் காணப் பட்டாலும் இதன் இரு முனைகள் காற்றின் திசைக்கு இணையாக இல்லாமல் எதிராகக் காணப்படுகின்றன. தொடு வளைவு மணல் மேட்டின் நடுப்பகுதி காற்றினால் உந்தப்படுவதால் அது காற்றின் மேல் திசையை நோக்கி வளைந்துள்ளது. மணல் மேட்டின் முனைகள் தாவரங்களினால் ஊன்றப்படுவதால் காற்று வீசும் போது இம் முனைகள் பாதிக்கப்படாமல் நடுப்பகுதியில் மட்டும் மணல் கடத்தப்படுகிறது. எனவே நடுப்பகுதி சிறிது சிறிதாக முன்னோக்கி நகர்ந்து வளைவாக அமைகிறது. சில சமயங்களில் நடுப்பகுதியிலிருந்து இரு முனைகளும் நீண்ட தூரத்திற்கு நீண்டு செல்வதால் மணல் மேடு ஒரு கொண்டை ஊசியைப்போல் (hair pin) வளைந்து காணப்படுகிறது.

(4) **நீண்ட மணல் மேடு:** நீண்ட மணல் மேடு என்பது காற்றின் திசைக்கு இணையாக அமைந்த நீண்ட குன்றாகும். இத்தகைய குன்றுகள் மலையிடுக்கு, கணவாய் ஆகியவற்றின்

வழியே வீசும் காற்று மணலைக் குடைந்து வந்து மணல் துகள்களைப் படிவிப்பதால் தோன்றுகின்றன. கணவாயில் காற்று, நுழைவதற்கு முன்பு அதன் வேகம் அதிகமாக உள்ளது. ஆனால் கணவாயில் நுழைந்தபின் அதன் வேகம் சுற்றியுள்ள காற்றின் வேகத்தைவிட குறைவாக இருக்கிறது. எனவே வேகம் குறைந்த காற்று கணவாயில் மணலைப் படிவிக்கிறது. பின்பு இம் மணல் படிவு, கணவாய் வழியாக வீசும் காற்றினால் உந்தப்பட்டு நீண்ட மணல் மேடாகிறது. இது சம சீர் சரிவுகளைக் கொண்டிருக்கும். நீண்ட குன்றுகளின் அடிவாரத்தில் மணல் கடத்தப்பட்டு படிவதால் சில சமயம் நீண்ட மணல் மேடுகள் தோன்றுகின்றன. சில சமயம் தொடுவளைவு மணல் மேட்டின் நடுப்பகுதி காற்றினால் உந்தப்பட்டு நகரும்போது அதன் வளைவு சிறிது சிறிதாக நீங்கப் பெற்று அதன் இரு முனைகளும் இரு நீண்ட மணல் மேடுகளாகின்றன.

(5) குறுக்கு மணல் மேடு : குறுக்கு மணல்மேடு என்பது காற்றின் திசைக்கு குறுக்காக அமைந்த மணல் குன்றாகும். பாறைகள், தாவரங்கள் ஆகிய தடைகளினால் காற்றிலுள்ள மணல் துகள்கள் படிந்து தோன்றும் இம் மணல் மேடுகள் காற்று முகச்சரிவில் மென்சரிவையும், எதிர் முகத்தில் வன்சரிவையும் கொண்டுள்ளது. இவை திறந்த வெளியில் அமைந்திருக்கும் போது காற்றினால் தாக்கப்பட்டு உடைவதால் அங்கு இவை நிரந்தரமாகக் காணப்படுவதில்லை. இம் மணல் மேடுகளில் தாவரங்களும் புற்களும் வளர்ந்து இவற்றை ஊன்றச் செய்வதால் சில சமயங்களில் இவை காற்றின் திசைக்கு குறுக்காக செங்கோண திசையில் பல ஆயிரம் மீட்டர்கள் நீளத்திற்கு வளர்ந்து காணப்படுகின்றன.

வறண்ட பிரதேசத்தில் நீரின் அரிப்புச்செயல்

பாலைவனங்களில் காற்றின் செய்கையால் தோன்றும் நிலத் தோற்றங்களைப் போலவே நீரின் செய்கையாலும் சில குறிப்பிட்ட தனித்தன்மை கொண்ட நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. இவை காற்றின் செய்கையால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்களினின்று முற்றிலும் வேறுபடுகின்றன. பாலைவனங்களில் சொற்ப மழையினால் குறுகிய காலத்திற்கு மட்டுமே பாயக்கூடிய ஆறுகளினால் மென்பாறைப் பகுதிகளில் சில உயர்ந்த நிலத் தோற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. பாலைவனங்களில் நீரின் செய்கையால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்களில் முக்கியமானவை பின் வருமாறு :

(1) வறண்ட காட்டாறும் (Wadi), குறுகிய பள்ளத்தாக்கும் (canyon).

(2) மேசை நிலமும் (mesa), மொட்டைக் குன்றும் (Butte).

(3) மலையடி வண்டற்குவியல் அல்லது பஜாடா (Bajada)

(4) ப்ளேயா ஏரி (Playa)

(5) மலையடித் தட்டு (Pediment)

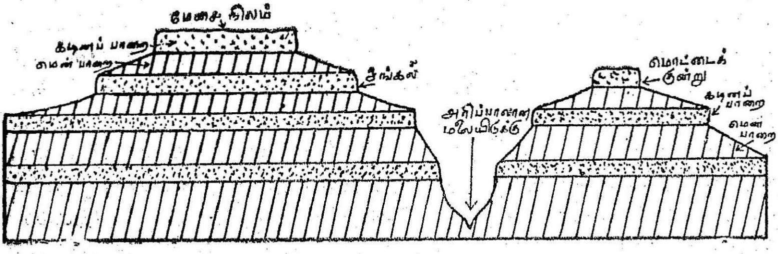
(6) துறுகல் (Inselberge)

(1) வறண்ட காட்டாறும் குறுகிய பள்ளத்தாக்கும் : பாலை வனத்தில் மழை சொற்பமாக இருந்தாலும் சில சமயங்களில் மிகக் குறுகிய காலத்திற்கு திடீரெனப் பெருமழை அவ்வப்போது பெய்வதுண்டு. இம் மழைநீர் வழிந்து பாலைவனத்தின் சிதை வடைந்த பொருள்களை வேகமாகக் கடத்திச் செல்லும்போது அப்பொருள்கள் தரையைக் கீழ்நோக்கி அரிப்பதால் செங் குத்தான சரிவுகள் கொண்ட பள்ளத்தாக்குகள் தோன்று கின்றன. இவ்வாறு திடீரெனப் பாயும் தற்காலிக ஆறு வறண்ட காட்டாறு (Wadi) எனப்படும். இப் பகுதி களில் ஆவியாதல் மிகுதியாக இருப்பதாலும், உதிரியான பாறைத்துகள்கள் மிகுதியாகக் கலந்திருப்பதாலும் திடீரெனத் தோன்றும் இக் காட்டாறு நீண்ட தூரத்திற்குப் பாய்வதில்லை. இவ்வாற்றில் படிவுகள் மிகுதியாவதால் அவை சேறுக வழிந்து பின்பு விசிறிபோல் படிகிறது. இது சேறு வண்டல் விசிறி எனப் படும். இது உலர்ந்த பின்பு இதிலுள்ள நுண்ணிய பொருள்கள் காற்றினால் புடைக்கப்பட்டு வெளியேறுகின்றன. இத்தகைய வறண்ட காட்டாறுகள் சஹாரா, இதன் அரேபிய கடற்கரை ஆகிய பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன.

உயர்ந்த மலையிலிருந்தும், மழைப் பிரதேசத்திலிருந்தும் உற்பத்தியாகும் ஆறுகள் வறண்ட பிரதேசங்களில் பாயும்போது ஆண்டு முழுவதும் நீரோட்டம் கொண்டதாக இருக்கும். இத்தகைய ஆறுகள் பாலைவனங்களில் மிகவும் ஆழமான குறுகிய பள்ளத்தாக்குகளை ஏற்படுத்தும். இவற்றிற்கு சிறந்த உதாரணம் அமெரிக்காவின் மேற்கு பகுதியிலுள்ள கொலராடோ கேன்யான் (Colorado canyon) ஆகும். இது 320 கி. மீ. நீளமும், 8 முதல் 24 கி. மீ. வரை அகலமும், சுமார் 2000 மீட்டர் ஆழமும் கொண்டுள்ளது. எகிப்தில் ஆப்ரிக்க பீடபூமியில் பாயும் நைல் நதியிலும் இத்தகைய குறுகிய மலை இடுக்குகள் (canyon) காணப் படுகின்றன. நைல் நதிப் பள்ளத்தாக்கு தெற்கில் கிரானைட் பாறையுள்ள பகுதியில் சுமார் 1 கி. மீட்டரும், வடக்கில்

சுண்ணாம்புப் பாறையுள்ள பகுதியில் சுமார் 16 கி. மீட்டரும் அகலம் கொண்டுள்ளது. இந் நதியில் சில இடங்களில் சுமார் 300 மீட்டர் உயரமுள்ள ஆற்று ஓங்கல்கள் காணப்படுகின்றன.

(2) மேசை நிலமும், மொட்டைக் குன்றும் : பாலைவனத்திலுள்ள பீடபூமியில் நீரின் அரிப்பினால் ஆழமான பள்ளத்தாக்குகள் தோன்றும்போது பீடபூமி ஒரு கரடு முரடான பிரதேசமாக காட்சியளிக்கிறது. பீடபூமியில் கடினப்பாறை அடுக்கு கிடையாக மேற்புறத்தில் அமைந்திருப்பின் அது கீழுள்ள மற்ற அடுக்குகளை ஆற்றின் அரிப்பிலிருந்து ஓரளவுக்கு பாதுகாக்கும். ஆனால் ஆற்றின் தொடர்ந்த தாக்குதலினால் இறுதியில் அக்கடினப் பாறை அடுக்கு செங்குத்தாக அரிக்கப்படுகிறது. அப்போது கீழுள்ள மென்பாறை அடுக்குகள் ஆற்றின் அரிப்புக்கு எளிதில் இலக்காகி விடுவதால் பள்ளத்தாக்கு அகலப்படுகிறது. அப்போது இப் பள்ளத்தாக்குகளுக்கு இடையிலுள்ள நிலம் ஒரு மேசை போலவும், சரிவுமிகுந்த பக்கங்களைக் கொண்ட குன்றாகவும் காட்சிதருகிறது (படம் : 81). இத்தகைய தட்டையான குன்று, மேசை நிலம் (mesa) எனப்படுகிறது. மேசை நிலத்தைக் குறிக்கும்



படம் 81, கடின மென்பாறை அடுக்குகளில் தோன்றும் மேசை நிலமும் மொட்டைக் குன்றும்.

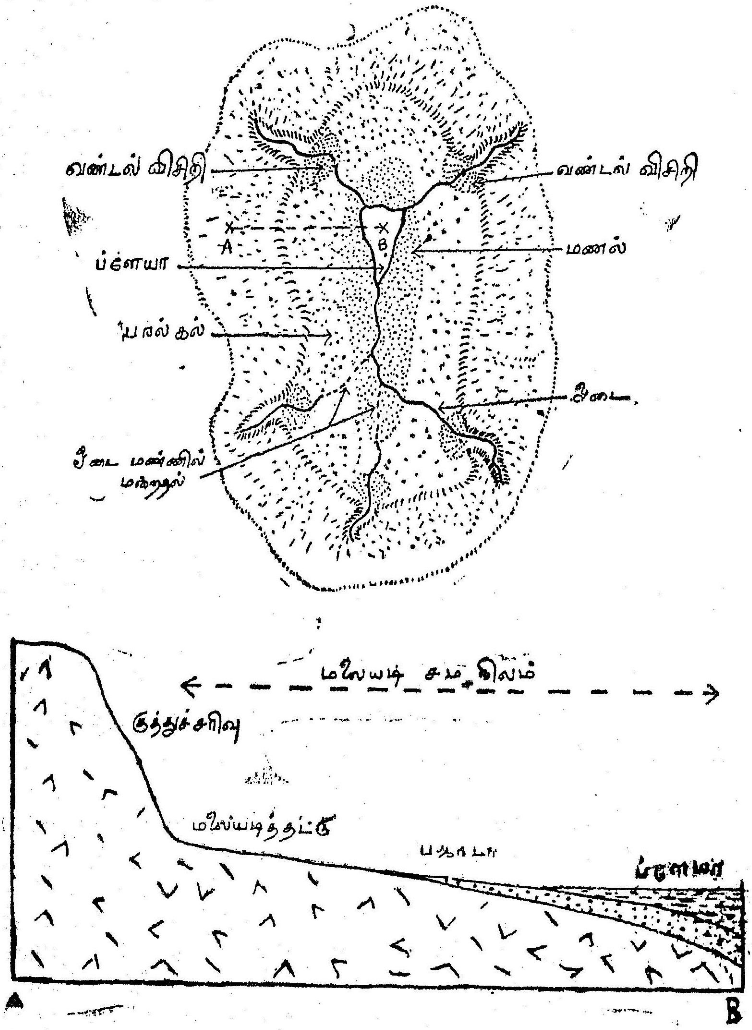
(mesa) என்ற ஸ்பானிய வார்த்தைக்கு மேசை என்பது பொருள். பீடபூமியின் மேல் அடுக்கில் கடினப்பாறை அமைந்திருப்பதால் தான் இந் நிலத்தோற்றம் ஏற்படுகிறது. மேசை நிலம் மேலும் அரிக்கப்பட்டு குறுகும்போது அது தனித்த சிறிய குன்றாக காட்சியளிக்கும். இத்தகைய தனித்த சிறிய குன்று மொட்டைக் குன்று (Butte) எனப்படும். இக் குன்றிலும் உச்சி தட்டையாகவே காட்சியளிக்கிறது. அமெரிக்காவில் தெற்கு டகோடாவில் சரளைப் பாறைக்கு அடியில் கிடையாக அமைந்துள்ள சுண்ணாம்புப்பாறை, களிமண் பாறை ஆகியவை அரிக்கப்பட்டதால் ஆழம் மிகுந்த பள்ளத்தாக்குகளும், சரிவுமிகுந்த மேசை நிலங்களும், மொட்டைக் குன்றுகளும் அங்கு தோன்றியுள்ளன.

(3) **மலையடி வண்டற்குவியல் அல்லது பஜாடா:** பாலை வனத்தில் மலைச்சரிவுகளில் பாயும் ஆறுகள் சிறியனவாயும், மழைக்காலத்தில் மட்டும் நீர் நிரம்பியும் காணப்படுகின்றன. இந்த ஆறுகள் மலைச்சரிவுகளை அரித்து பாறைத் துகள்களைக் கடத்தி மலையடிவாரத்திலுள்ள அதன் பள்ளத்தாக்கின் முகத் துவாரத்தில் படியச் செய்கின்றன. அப்போது அங்கு வண்டல் விசிறி தோன்றுகிறது. மலையடிவாரத்தில் இவ்வாறு அடுத் தடுத்துள்ள பள்ளத்தாக்குகளின் முகத்துவாரத்தில் காணப்படும் வண்டல் விசிறிகள் அனைத்தும் ஒன்றாக இணைந்து ஒரு பெரிய வண்டல் சமவெளியாக மாறுகிறது. இது மலையடி வண்டற் குவியல் (Bajada) எனப்படும்.

(4) **ப்ளேயா (Playa):** பாலைவனத்தில் மலையிலிருந்து பாயும் ஆறுகள் மலையடிவாரத்திலுள்ள வண்டல் விசிறி அல்லது மலையடி வண்டற் குவியலினால் உறிஞ்சப்பட்டு விரைவில் மறைகின்றன. இவ்வாறு உறிஞ்சப்படும் நீர், பள்ளத்தாக்குகளின் படுகையி லிருந்து கசிவதால் மலையடிவாரத்தில் அவை சேர்ந்து ப்ளேயா (Playa) ஏரிகள் தோன்றுகின்றன (படம்: 82). ப்ளேயா ஏரி என்பது தட்டையான வண்டல் அல்லது உப்பு படிந்த பள்ளத் தாக்குப் படுகையாகும். இதில் வந்தடையும் ஆறுகள் அவற்றின் வண்டலை இங்கு படியச் செய்கின்றன. இந்தியாவில் ஜெய்சால் மருக்கு வடக்கே எண்ணற்ற ப்ளேயா ஏரிகள் காணப்படுகின்றன. ரான் (Rann) எனப்படும் இந்த ஏரிகளைச் சுற்றிலும் செங்குத்துப் பாறை வளையம்போல் காணப்படுகிறது. இந்த ஏரிகள் ஆண்டின் பெரும்பகுதி வறண்டதாக இருக்கும்.

(5) **மலையடித்தட்டு (Pediment):** மலையடித்தட்டு, வறட்சி அல்லது மித வறட்சிப் பிரதேசங்களில் காணப்படுகிறது. இது மலையடிவாரத்தில் தரையிலுள்ள பாறைகள் அரிக்கப்பட்டு தோன்றும் ஒரு சமநிலமாகும். மலையடிவாரத்திலிருந்தும், பீட பூமியின் அடிவாரத்திலிருந்தும் செல்லுகிற பலவகை பாறைகள் நீரின் அரிப்பினால் பாதிக்கப்பட்டு லேசான சரிவுகொண்ட மலையடித்தட்டாக மாறுகின்றன. மலையடித்தட்டின் கீழ்ப்பகுதி பொதுவாக ½ டிகிரி அளவிற்கு மேல்நோக்கியும், மேல்பகுதி சுமார் 5 டிகிரி அளவிற்கு கீழ்நோக்கியும் சரிந்திருக்கும். இதில் மெல்லிய வண்டல் அடுக்கு படிந்து காணப்படுகிறது. மலையடித்தட்டின் தோற்றம் நிலச்சரிவு சமநிலைத்தன்மை அடைந்ததைக் காட்டு கிறது. மெக்கி (mc-gee) என்பார் மலையடித்தட்டிற்கு பெடி மென்ட் (Pediment) என்று பெயர் சூட்டினர்.

மலையடித்தட்டு மூன்று காரணங்களினுல் தோன்றுகிறது. அவை பின்வருமாறு :



படம் 82. ப்ளேயாவும் மலையடித்தட்டும்

(1) ஆறுகளின் பக்க வாட்ட சமதளமாக்கம் (lateral planation).

(2) வழிநீர், சிற்ருேடை ஆகியவற்ருல் மண் அரித்துச் செல்லல்.

(3) மலைச்சரிவு வானிலைச் சிதைவினாலும், அரிப்பினாலும் பின்னடைதல்.

எனினும் மலையடித் தட்டுக்களின் தோற்றம் பற்றி நிலவியல் அறிஞர்கள் அனைவராலும் ஒப்புக்கொள்ளக்கூடிய கருத்துக்கள் இன்னும் வெளியாகவில்லை.

மலையடித் தட்டுக்களை பிற நிலத்தோற்றங்களிலிருந்து பிரித்தறிவதில் சில குழப்பங்கள் ஏற்படுவதுண்டு. மலையடி வாரத்திலுள்ள வண்டற் படிவுகளை சில சமயம் தவறுதலாக மலை யடித் தட்டு என கருதிவிடுவதுண்டு. மலையடித்தட்டு காணப்படும் பகுதியில் வண்டல் படிவுகள் காணப்படுகின்றன என்றாலும் அடியிலுள்ள பாறைக்கும் அப் படிவிற்கும் உள்ள தொடர்பு நமக்கு தெரிந்தால்தான் அடியிலுள்ள பாறை அரிக்கப்பட்டு மலையடித்தட்டு தோன்றியுள்ளதா என்பதை நாம் கூறமுடியும். சில சமயங்களில் பிளவினால் கீழ்நோக்கி நகரும் பாறையில் வண்டல் விசிறிகள் தோன்றுவதுண்டு. இவ் வண்டல் விசிறிகள் இணைந்து ஒரு மலையடித் தட்டைப்போல் காட்சியளிக்கும். அரிப்பினால் தோன்றும் மலையடித் தட்டை பிரித்தறிவதற்கு வண்டல் படிவுகள் உதவியாக இருக்கின்றன. இப் படிவுகளின் கனம் மிகவும் மெல்லியதாகவும், அங்கு பாயும் கால்வாயின் ஆழத்தைவிட குறைவாகவும் காணப்படும்.

மலையடித்தட்டின் தோற்றம் பற்றி பல்வேறு கருத்துக்கள் நிலவி வருகின்றன. கில்பர்ட் (Gilbert) கருத்துப்படி மலையடித் தட்டு, ஆறுகளின் பக்கவாட்ட சமதளமாகச் செய்கையால் தோன்றுகிறது.

மெக்கி (Mc Gee)யின் கருத்துப்படி இது மழை வழிநீர் வெள்ளத்தினால் (sheet flood) பாறை அரிக்கப்பட்டு தோன்று கிறது.

பிரியான் (Bryan) என்பவர். அரிசோனாவிலுள்ள பல மலையடித் தட்டுக்களை ஆராய்ந்த பின்னர் அவை ஆறுகளின் பக்கவாட்ட சமதளமாக்க செய்கை, சிற்றோடை அரிப்பு, வானிலைச் சிதைவு ஆகியவற்றின் கூட்டுச் செய்கையால் தோன்றுவதாகக் கருதினர்.

பிளாக்வெல்டர் (Black Welder) என்பவர் இவை பலவகைப் பாறைகளை ஆறுகள் குறுக்காக அரிப்பதால் தோன்றுவதாகக் கருதினர். பாலைவனத்தில் திடீரெனத் தோன்றும் பெரு

மழையின் காரணமாக பக்கவாட்டில் அரிப்பு ஏற்பட்டு இவை தோன்றுவதாகவும் அவர் கருதினர்.

ஜான்சன் (Johnson) என்பார் மலையடித்தட்டின் தோற்றத்திற்கு பக்கவாட்ட சமதளமாக்கம் ஒரு காரணமாக உள்ளதென்று ஒப்புக்கொள்கிருர். இவர் மலையடித்தட்டை மூன்று முக்கிய பகுதிகளாகப் பிரிக்கின்ருர். அவை (1) உள் மண்டலம் (Inner zone) (2) இடை மண்டலம் (Intermediate zone) (3) வெளிமண்டலம் (Outer zone) என்பனவாகும்.

உள் மண்டலம் என்பது மலைகள் கொண்ட உயர் நிலமாகும். இதில் ஆறுகளின் கீழ் நோக்கி அரித்தல் உச்ச நிலையில் உள்ளது. எனவே இதனை அரிப்பு மண்டலம் எனலாம்.

இடை மண்டலம் என்பது மலையடி வாரத்தையும், மலையடித் தட்டையும் சூழ்ந்துள்ள ஒரு பகுதியாகும். இதில் ஆறுகளின் பக்கவாட்ட அரிப்பு (சமதளமாக்கம்) உச்சநிலையில் இருக்கிறது. இது மலையடித்தட்டு மண்டலமாகும்.

வெளிமண்டலம் என்பது படிதல் ஏற்படுகிற பகுதியாகும். இங்கு வண்டல் படிவுகளின் குவிதல் உச்சநிலையில் உள்ளது. இதனை வண்டல் மண்டலம் எனலாம்.

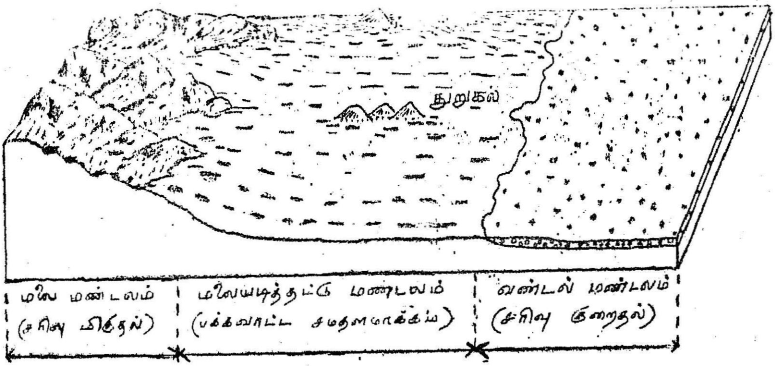
மலையடித்தட்டில் அரிப்பு தொடரும்போது அது சிறிது சிறிதாக தாழ்ந்து மலையடிவாரத்தை ஆக்கிரமிப்புச் செய்கிறது. அப்போது மலைச்சரிவு அரிக்கப்பட்டு பின்னடைகிறது. பின்பு வண்டல் மண்டலம் மலையடித்தட்டை ஆக்கிரமிப்பு செய்து அதில் வண்டலைப் படிவிக்கிறது. மலையின் உயரமும், மலையடித் தட்டின் உயரமும் குறைவதால் மலையிலிருந்து வண்டல் கடத்தப் படுவது குறைகிறது. மலையடித்தட்டுக்கள் ஆறுகளின் பக்கவாட்ட அரிப்பினுல் தோன்றுகின்றன என்பதற்கு சான்ருக ஜான்சன் பாறை விசிறிகளைக் (rock fans) குறிப்பிட்டார். பாறை விசிறிகள் வண்டல் விசிறிகளைப் போல் அமைப்பு கொண்டவை. இவை மலையிடுக்குகளின் முகத்துவாரத்திலிருந்து வெளிவரும் ஆறுகளின் பக்கவாட்ட அரிப்பினுல் தோன்றுகின்றன. இப் பாறை விசிறிகளே நாளடைவில் மலையடித்தட்டாக மாறும்.

மெக்கின் (Mackin) என்ற அறிஞரும் மலையடித் தட்டுக்கள் ஆறுகளின் பக்கவாட்ட சமதளமாக்கத்தினுல் ஏற்படுவதாகக் கருதுகிருர். பக்கவாட்ட அரிப்பைத் தவிர வானிலைச் சிதைவு,

மண் அரிப்பு, மண்வழிதல் ஆகியவையும் அவற்றின் தோற்றத்திற்கு காரணமாயுள்ளன.

மலையடித்தட்டுக்கள் பல ஒன்ருக இணைந்து தோன்றும் சம நிலத்திற்கு மலையடி சமநிலம் (Pediplain) என்று பெயர் (படம் : 83).

(6) துறுகல் : மலைத்தொடருக்கு எதிர் எதிரே அமைந்திருக்கும் மலையடித்தட்டுக்கள் தலைத்திசை அரிப்பினுல் ஒன்றையொன்று நெருங்கி வருகின்றன. அப்போது ஒரு மலையடித்தட்டு



படம் 83. மலையடி சமநிலம்.

மற்ருெரு மலையடித்தட்டை அடைகிறது, இவ்விரு மலையடித் தட்டுக்களையும் இணைக்கிற குறுகலான பாதைக்கு மலையடித் தட்டுப் பாதை (pediment pass) என்பது பெயர். அரிப்பு தொடங்கும்போது மலைப்பகுதி தொடர்ந்து அரிக்கப்பட்டு மலையடித் தட்டுக்கள் இரண்டும் ஒன்ருக இணைகின்றன. அப்போது அரிக்கப்படாத சில பாறைகள் மலையடித் தட்டுக்களில் தனித்த தீவு அல்லது குன்றுப்போல் உயர்ந்து காணப்படுகின்றன. இவற்றிற்கு துறுகல் (inselberge) என்று பெயர். இன்சல்பெர்க் என்ற ஜெர்மானிய சொல்லுக்கு தீவு மலை என்பது பொருள். சில துறுகல்களில் சிறு மலையடித் தட்டுக்கள் காணப்படுகின்றன. துறுகலின் அடிவாரம் காற்றின் அரிப்பினுல் செங்குத்துச் சரிவாக மாறுகிறது. காற்றின் செய்கை தரைக்கு அருகே வீரியமாக இருப்பதால் மலைச் சரிவுகள் அரிக்கப்பட்டு செங்குத்தாக மாறுகின்றன. எனவே துறுகல்களின் அடிவாரம் செங்குத்தாக உள்ளது.

வறண்ட பிரதேசத்தில் அரிப்புச் சக்கரம்

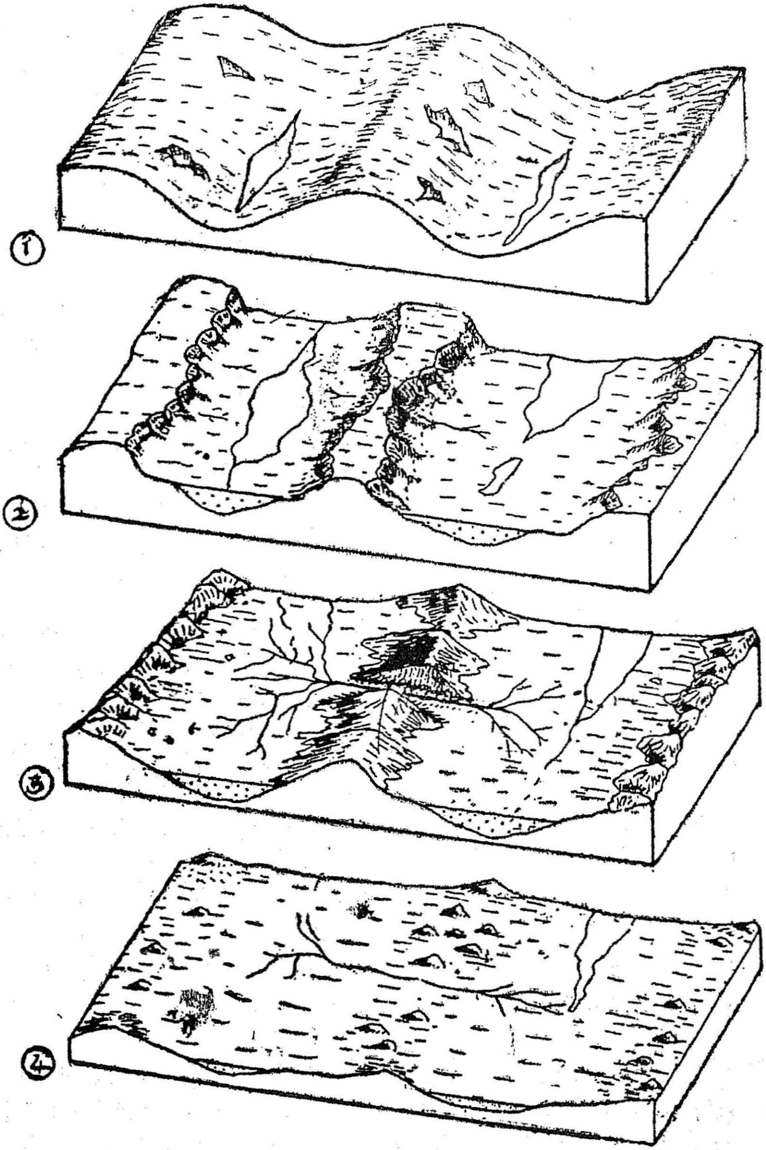
வறண்ட பிரதேசத்தில் மழையும் தாவரமும் சொற்பமாக இருப்பதால் அங்கு தோன்றும் அரிப்புச் சக்கரம், மழைப்

பிரதேச அரிப்புச் சக்கரத்தினின்று பெரிதும் மாறுபடுகிறது. தாவரங்கள் இல்லாமையால் இங்கு வானிலைச் சிதைவுக்கும், அரிப்புக்கும் யாதொரு தடையும் ஏற்படுவதில்லை. ஆனல் நில நீர் இங்கு வெகு ஆழத்தில் இருப்பதால் இரசாயன வானிலைச் சிதைவைவிட பௌதிகச் சிதைவே அதிகமாக காணப்படுகிறது. இப் பிரதேசம் தாவரங்களற்று திறந்த வெளியாக இருப்பதால் காற்றின் அரிப்புச் செயல் தீவிரமாக உள்ளது. திடீரெனப் பெய்யும் பெருமழையினல் வெள்ளம் பெருக்கெடுத்து ஓடும் ஆறுகள் தற்காலிகமானவை என்ருலும் அவை நிலத்தை மிக அதிக அளவில் அரிக்கின்றன. அவ்வப்போது புயலுடன் கூடிய மழைத் தோன்றி பெரிய அளவுக்கு நீர் அரிப் பள்ளங்களையும் பள்ளத்தாக்குகளையும் ஏற்படுத்துகிறது. பாலைவனத்தில் பாயும் ஆறுகள் பெரும்பாலும் கடலில் கலப்பதற்கு பதிலாக உள் நாட்டி லுள்ள ஏரிகளிலேயே சங்கமமாகின்றன.

அரிப்புச் சக்கரத்தின் தொடக்கநிலை

வறண்ட பிரதேசத்தில் ஏற்படும் அரிப்புச் சக்கர வளர்ச்சியை நன்கு புரிந்துக் கொள்வதற்கு சில சூழ் நிலைகளை நாம் கற்பனை செய்து கொள்ள வேண்டும் (படம்: 84-ஐப் பார்க்கவும்). அதாவது முதல் நிலம் (Initial land) மடிப்பினலோ அல்லது பிளவினலோ மேலெழுவதாக வைத்துக் கொள்வோம். இவ்வாறு மேலெழுந்த நிலங்களுக்கு இடையில் கொப்பரைகள் (basins) காணப்படுகின்றன. அதாவது மடிப்பின் இரு புறத்திலும் இரு கொப்பரைகள் உள்ளன. அவற்றில் ஒன்று மற்றதைக் காட்டிலும் சற்று உயரமாக இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். உயரமான கொப்பரையை A என்றும் உயரம் குறைந்த கொப்பரையை B என்றும் இனி அழைப்போம் (படம் : 84).

மடிப்பின் (மலையின்) இரு புரத்திலுமுள்ள சரிவுகளிலிருந்து தோன்றும் ஆறுகள் A, B கொப்பரைகளை அடைவதால் அவை வட்டார அடிமட்டங்களாக விளங்குகின்றன. ஒவ்வொரு கொப் பரையிலும் தனித்தனியான மையம் நோக்கிய (Centripetal) வடிகால் அமைப்பு ஏற்படுகிறது. இவை முதன்மை ஆறுகளாகும். ஒரு கொப்பரையிலிருந்து மற்ருெரு கொப்பரைக்கு நீர் நேரிடையாகச் செல்வதில்லை. ஆறுகள் நீளத்தில் வேறுபடுவதோடு விரைவில் ஆவியாகிவிடுகின்றன. சில ஆறுகள் மணலில் மறை கின்றன. சில, கொப்பரையின் அடிப்பாகத்தை அடைகின்றன. எனினும் இங்கு பள்ளத்தாக்குகளில் நீர் நிரம்பி வழிகிற அளவிற்கு எக் காலத்திலும் மழை பெய்வதில்லை.



படம் 84. வறண்ட பிரதேசத்தில் அரிப்புச்சக்கரம்।
(1) தொடக்கநிலை (2) இளம்நிலை (3) முதிர்நிலை (4) முதுமைநிலை

இளம் நிலை

அரிப்புச் சக்கரத்தின் இளம் நிலையில் ஆறுகள் சிறியதாகவும் மழைக்காலத்தில் மட்டும் பாயக்கூடியதாகவும் உள்ளன. இவை மடிப்புச்சரிவு (மலைச்சரிவு) களை அரித்து மலையிடுக்குகளையும் 'V' உருவப் பள்ளத்தாக்குகளையும் ஏற்படுத்துகின்றன. மடிப்புச் சரிவு களில் அடித்துச் செல்லப்படும் பாறைத்துகள்கள் கொப்பறையின் படுகையில் படிகின்றன. இப்போது கொப்பரைகளில் படிவுகள் நிரம்பத் தொடங்குகின்றன. மடிப்பின் அடிவாரத்தில் பள்ளத் தாக்குகளின் முகத்துவாரத்தில் வண்டல் விசிறி தோன்றுகிறது. மலையிலிருந்து பாயும் ஆறுகள் பெரும்பாலும் இம் மணற்படிவில் உறிஞ்சப்பட்டு மறைகின்றன. இவ்வாறு உறிஞ்சப்பட்ட நீர் கொப்பரைகளின் படுகையிலிருந்து கசிந்து சேருவதால் கொப் பரைகளில் ப்ளேயா (playa) ஏரிகள் தோன்றுகின்றன. ப்ளேயா என்பது தட்டையான, வண்டல் அல்லது உப்பு படிந்த படுகை கொண்ட ஏரியாகும். இதில் வந்துசேரும் ஆறுகள் தம் வண்டலை இங்கு படியச்செய்கின்றன. கொப்பரையில் இவ்வாறு வண்டல் படிவுகள் சேர்வதால் கொப்பரைப் படுகையின் உயரம் அதிகரிக் கிறது. அதாவது வட்டார அடிமட்டம் உயருகிறது. மடிப்புச் சரிவுகள் (மலைகள்) அரிக்கப்படும் அதே நேரத்தில் கொப்பரைகள் வண்டலால் நிரப்பப்பட்டு மட்டத்தில் உயருகின்றன. எனவே இளம் நிலையில் நிலத்தோற்றம் அதிகரிப்பதற்கு பதிலாக குறைகிறது. ப்ளேயா ஏரியில் ஆறுகள் கொண்டுவரும் உப்பு படிவதால் ஏரி நீர் விரைவில் உப்பு கரிக்கத் தொடங்குகிறது. ஏரி நீர் ஆவியானபிறகு ஏரியைச் சுற்றிலும் உப்புப் படிவுகள் காணப்படுகின்றன. நாளடைவில் ப்ளேயா ஏரி மறைந்து அதில் வண்டலும் உப்பும் சேர்ந்த கலவை மட்டும் காணப்படுகிறது. இப்போது இங்கு காற்றின் புடைத்தெடுத்தல் (deflation) தீவிர மாக உள்ளது. இப் பிரதேசத்திலுள்ள உலர்ந்த தூசுக்களை காற்று ஊதி வெளியேற்றுவதால் நிலம் அரிக்கப்படுகிறது. ஆனால் ப்ளாயாவிலுள்ள உப்புப்படிவுகள் புடைத்தெடுத்தலால் பாதிக்கப் படுவதில்லை. காற்றின் படிதல் செய்கையால் இங்கு மணல் மேடுகள் ஆங்காங்கே காணப்படுகின்றன.

இளம் நிலையில் துணை ஆறுகளுக்கு முக்கிய ஆறே வட்டார அடிமட்டமாகும். இங்கு பள்ளத்தாக்குகள் அரிக்கப்பட்டும் பாறைகள் வானிலைச் சிதைவடைந்தும் இருப்பதால் சிதைந்த பொருள்கள் கடத்தப்படுவதற்கு தயாரான நிலையில் உள்ளன.

முதிர் நிலை

வறண்ட பிரதேசத்தில் மழை குறைவாக இருப்பதால் இளம் நிலையிலிருந்து நிலத்தோற்றம் மெதுவாகவே முதிர் நிலையை அடைகிறது. இருப்பினும் நாளடைவில் மலைச் சரிவுகளில் ஆறுகள் நிலையான பள்ளத்தாக்குகளை அமைத்துக் கொண்டு தலைத்திசையில் அரிப்புச் செயலைத் தொடர்கின்றன. உயர் நிலைச் சரிவுகளிலுள்ள பள்ளத்தாக்குகள் மேலும் ஆழப்படுகின்றன. ஆற்றின் அரிப்பினால் மலை முகப்புகள் (mountain fronts) அரிக்கப்பட்டு பின்னடைகின்றன. அதனால் நீர் பிரி மேடுகள் குறுகலாகின்றன. இவற்றின் இடையிலுள்ள கொப்பரைகள் அகலப் படுவதோடு படிவுகள் சேருவதால் இவற்றின் படுகைகள் உயரத்திலும் அதிகரிக்கின்றன. பின்னடையும் மலை முகப்பிற்கும், கொப்பரையின் வண்டல் படிவிற்கும் இடையில் ஒரு குறுகிய அரிப்பாலான நிலம் தோன்றுகிறது. இது மலையடித்தட்டு எனப்படும். பள்ளத்தாக்கின் முகத்துவாரத்திலுள்ள வண்டல் விசிறிகள் அனைத்தும் ஒன்றாக இணைந்து ஒரு பெரிய வண்டல் சமவெளியாக மாறுகிறது. இது மலையடி வண்டற் குவியல் (பஜாடா) எனப்படும். பஜாடாவின் விளிம்பு ப்ளாயாவின் வண்டல், உப்பு படிவுகளுடன் இணைந்து விடுகிறது. கொப்பரையின் இரு பக்கங்களிலிருந்து பஜாடாக்கள் ஒன்றுக்கொன்று நெருங்கி வளருவதால் கொப்பரை ஒரு சிறிய பள்ளமாக குறுகிவிடுகிறது.

கொப்பரை A-க்கும், கொப்பரை B-க்கும் இடையிலுள்ள மலைத் தொடர் (மடிப்பு) அவற்றில் பாயும் ஆறுகளின் தலைத்திசை அரிப்பினால் பாதிக்கப்படுவதால் மலைத்தொடரின் (மடிப்பின்) குறுக்கே பள்ளத்தாக்குகள் தோன்றுகின்றன. அப்போது A கொப்பரையில் பாயும் ஆறுகளில் சில, B கொப்பரையை நோக்கிப் பாயத் தொடங்குகின்றன. கொப்பரை A-யை விட, கொப்பரை B, தாழ்ந்த மட்டத்தில் இருப்பதால் எல்லா ஆறுகளும் இறுதியில் கொப்பரை B-யை நோக்கிப் பாய்கின்றன. எனவே இரு கொப்பரைகளிலும் தனித்தனியாக பாய்ந்து வந்த ஆறுகள் இப்போது ஒரே கொப்பரையில் (B) பாயத்தொடங்குகின்றன. இது வடிகால் ஒருமைப்பாடு (Integration of drainage) எனப்படும். கொப்பரை A-ஐ விட, கொப்பரை B, தாழ்ந்து இருப்பதால் B-யின் ஆறுகள் தலைத்திசை அரிப்பினால் கொப்பரை A-விலுள்ள வண்டல் படிவைத் தீவிரமாக அரித்து B-யில் படிவிக்கின்றன.

மலைகள் உயரமாக இருந்தால் ஈரக்காற்று மேல் நோக்கிச் சென்று குளிர்ந்து மேகமாகி மழை பொழியும். ஆனால் பாலை வனத்தில் முதிர் நிலையில் மலைத்தொடர் அரிக்கப்பட்டு தாழ்ந்து

போவதால் அத்தகைய மழை ஏற்படுவதில்லை. எனவே மழை குறைந்து ஆறுகளின் அரிப்புச் செயலும் படிதல் செயலும் குறைகிறது. கொப்பரைகள் அகலமாக இருப்பதால் காற்று தடையின்றி வீசுவதற்கு வசதி ஏற்படுகிறது. எனவே காற்றின் புடைத்தல் செய்கை தீவிரமடைகிறது. சரிவு குறைந்தபின் ஆறுகள் நுண்ணிய படிவுகளை படிவித்திருப்பதால் புடைத்தெடுத்தலுக்கு அது ஏற்றதாக இருக்கிறது. படிவுகள் இவ்வாறு கடத்தப்படும்போது அடித்தளத்து பாறைகள் வெளித்தோன்றுகின்றன.

முதுமை நிலை

முதுமை நிலையில் உயர் நிலங்கள் யாவும் வெகுவாக அரிக்கப்படுகின்றன. மலையடித் தட்டுகளிலும் பஜாடாக்களிலும் கடினத் தன்மை கொண்ட பாறைகள் சில அரிக்கப்படாமல் தீவுக் குன்றுகளைப் போல் காட்சியளிக்கின்றன. இவை துறுவல்கள் (inselbergs) எனப்படும்.

இரு கொப்பரைகளில் தாழ்ந்த மட்டத்திலுள்ள கொப்பரை 'B', ஆறுகளின் அடிமட்டமாக இருப்பதால் உயர் நிலங்கள் யாவும் அந்த அடிமட்டத்திற்கு அரிக்கப்பட்டு தாழ்ந்து விடுகின்றன. இரு கொப்பரைகளிலும் காற்றினுல் குடைந்தெடுக்கப்பட்ட பள்ளங்களும், மணல் மேடுகளும் நிறைய தோன்றுகின்றன. காற்றின் செய்கையால் தோன்றும் ஊது பள்ளங்கள் ப்ளாயாவின் உப்புப் பரப்பில் தோன்றவில்லையென்ருலும், வண்டல் பரப்பில் இவை அதிகம் காணப்படுகின்றன.

வறண்ட நிலத்தில் அரிக்கப்பட்ட பொருள்கள் யாவும் கடத்தப்பட்ட பின்பு அதன் மட்டம் முதலில் இருந்த கொப்பரையின் மட்டத்தைவிட தாழ்வாகக் காணப்படுகிறது. இறுதியில் அது மெல்லிய படிவுகள் கொண்ட கட்டாந்தரையாக காட்சியளிக்கும். அப்போது அரிக்கப்பட்ட பாறை நிலமும், படிதல் ஏற்பட்ட கொப்பரையும் ஒரே மட்டத்தில் அமைகிறது.

அரிப்புச் சக்கர வளர்ச்சியில் இடையூறுகள்

மேற்கூறிய அரிப்புச் சக்கர வளர்ச்சிக்கு இடையூறு நேராத வரையில் அது தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. ஆனுல் நிலம் நோக்கி எழும்போதோ அல்லது காலநிலையில் ஏதாவது மாற்றம் ஏற்படும் போதோ அரிப்புச் சக்கரம் தடைபடுகிறது,

காற்றின் அரிப்புச் செயல் நிலம் கடல் மட்டத்திற்கு கீழே அரிக்கப்பட்டு தாழ்கிறவரை தொடர்ந்து காணப்படுகிறது.

காற்றின் அரிப்புச் செயலுக்கு முற்றுப்புள்ளி வைப்பது நில நீர் மட்டமாகும். நில நீர் மட்டத்திற்கு கீழே பாறையும், மண்ணும் ஈரமுள்ளதாக இருக்கிறது. ஈரமான தரையை காற்றினால் அரிக்க இயலாது. எனவே வறண்ட பிரதேச அரிப்புச் சக்கரத்தைப் பொருத்தமட்டில் நில நீர் மட்டமே அடிமட்டமாக விளங்குகிறது.

14. பனியாறுகள்

புவிப் பரப்பிலுள்ள நீரில் 98 சதவீதம் கடல்களில் காணப் படுகிறது. மீதமுள்ள 2 சதவீதம் திடநிலையில் பனிக்கட்டியாக நிலப்பரப்பில் பரவியுள்ளது. திடநிலையிலிருக்கும் நீரின் பௌதிகத் தன்மைக்கும் திரவநிலையிலிருக்கும் நீரின் பௌதிகத் தன்மைக்கும் நிறைய வேறுபாடுகள் உள்ளன.

புவியின் நிலப்பரப்பில் 10 சதவீதம் தற்போது பனிக்கட்டி யால் மூடப்பட்டுள்ளது. அதாவது சுமார் 15.36 மில்லியன் சதுர கிலோ மீட்டர்கள் பனிக்கட்டியினால் நிரந்தரமாக மூடப் பட்டுள்ளன. இப் பனிக்கட்டியின் கனஅளவு சுமார் 28 மில்லியன் கன கி. மீட்டர்களாகும். இப் பனிக்கட்டி உருகுமேயானால் தற்போதுள்ள கடல் மட்டம் சுமார் 45 மீட்டர் உயர்ந்துவிடும். உயர் அட்சங்களிலும், உயர்நிலங்களிலும் காணப்படும் இப் பனிக்கட்டி பரப்பில் வானிலைச்சிதைவும், பருப்பொருள் அசைவும் தனித்தன்மை கொண்டுள்ளன. இப் பகுதிகளில் உறைபனிச் செய்கையாலும். பனியாற்றின் செய்கையாலும் தோன்றும் நிலத் தோற்றங்கள் தனித்தன்மை கொண்டவையாகும்.

புவி அமைப்பியல் காலக் கணக்கின்படி புவியில் தற்போது உள்ளதைவிட அதிகமான பரப்பில் பனிக்கட்டி பரவியிருந்தது. சுமார் 2 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குமுன் புவிப்பரப்பில் சுமார் 30 சதவீதம் பனிக்கட்டியினால் மூடப்பட்டிருந்தது. உதாரணமாக கார்பானி பெரஸ் காலத்தில் இந்தியா, ஆப்ரிக்கா போன்ற பகுதிகள் பனிக்கட்டியினால் மூடப்பட்டிருந்தன.

புவி அமைப்பியல் காலத்தில் காலந்தோறும் பனியுகங்கள் (Ice Ages) தோன்றியுள்ளன. இவற்றுள் கடைசியாக இருந்த பிளைஸ்டோசின் பனியுகம் சுமார் 1 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு தொடங்கி கடந்த 10,000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வரை நீடித்திருந்ததாகக் கூறப்படுகிறது. இந்தியாவில் காஷ்மீர் பகுதியில் குறைந்தது ஐந்து முறைகளாவது பனிப்பரவல் ஏற்பட்டு பின்பு அழிந்திருக்க வேண்டுமென கருதப்படுகிறது. இதில் முதல்முறை ஏற்பட்ட பனிப்பரவலில் முக்கியமான நிலத்

தோற்றங்கள் பல தோன்றியுள்ளன. இரண்டாம் முறை ஏற்பட்ட பனிப்பரவலின் விளைவாக சிவாலிக் கலவைக்கல் பெரும் பாறைகள் (Siwalik Boulder-conglomerate) தோன்றின. மூன்றாவது பனிப்பரவலின்போது இக் கலவைக் கல்லின்மீது போட்வார் (Potwar) வண்டல்கள் படிந்துள்ளன. தற்போது பனிவிரிப்புகளும், பனியாறுகளும் சிறிது சிறிதாக குறைந்து வருவதால் நாம் பனியுகத்தின் கடைசி கட்டத்தில் இருக்கிறோம் என்று சிலர் கருதுகிறார்கள்.

புவிப்புறவியலில் தற்காலத்து பனிவிரிப்பையும் பனியாற்றையும் அறிவதன் மூலமாக பனியுகத்தில் நிலத்தோற்றம் எவ்வாறு இருந்திருக்கும் என்பதை நாம் ஊகிக்கமுடிகிறது.

பனிக்களமும் உறைபனிக் கோடும்

வெப்பம் உருகுநிலைக்கு கீழேசென்றால் வளிமண்டலத்திலுள்ள ஈரம் உறைந்து நுண்ணிய பனிப்படிகங்களாக மாறுகிறது. இப் படிகங்கள் ஒன்றோடொன்று இணைந்து பனிப்படலங்களாக (snow flakes) மாறுகின்றன. பனிப்படலங்களை நுண்ணோக்கியில் பார்த்தால் அவற்றின் படிகங்கள் ஆறுபக்க அமைப்பு (hexagonal structure) கொண்டிருப்பதை அறியலாம். இது உறை பனியிலிருக்கும் ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற்றின் அணுக்களின் உள் அமைப்பை எடுத்துக்காட்டுகிறது.

ஓர் இடத்தில் குளிர்காலத்தில் பெய்யும் மழையின் அளவு கோடையில் உருகும் பனியின் அளவைக்காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பின் அவ்விடத்தில் படிப்படியாக பனி குவிந்து ஒரு நிரந்தர பனிக்களம் அல்லது பனி மண்டலம் (snow field) தோன்றுகிறது. பனிமழை பொதுவாக உயர்அட்சங்களிலும், உயர்ந்த நிலங்களிலும் ஏற்படுகிறது. இங்கு கோடைகால வெப்பநிலை உறை நிலையைச் சார்ந்தோ அல்லது குறைந்தோ அமைகிறது. எனவே இங்கு மழை, திரவ உருவில் அமையாமல் திட உருவில் பனியாகப் பொழிகிறது. இப் பகுதிகளில் ஆறுகளுக்குப் பதிலாக பனியாறுகள் உள்ளன.

கண்டங்களிலும், உயர்ந்த மலைகளிலும் ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்திற்குமேல் வெப்பம் உறைநிலைக்கும் குறைவாக இருப்பதால் அந்த மட்டத்திற்கு மேல் பனிப்போர்வை நிரந்தரமாகக் காணப்படுகிறது. இந்த எல்லை உறைபனிக் கோடு (Snow line) எனப்படும். இது பனி மண்டலம் அல்லது பனிக்களத்தின் கீழ் எல்லையாகும்.

உறைபனிக்கோடு அட்சத்திற்கு அட்சமும், காலத்திற்கு காலமும் வேறுபடுகிறது. இது குளிர்காலத்தில் தாழ்ந்தும் கோடைக்காலத்தில் உயர்ந்தும் காணப்படுகிறது. மலைச்சரிவு களில் படும் சூரிய ஒளியின் வீரியத்தைப் பொருத்தும் இது மாறு கிறது. மிதவெப்ப மண்டலங்களில் மலைகளின் வடக்குச் சரிவு களில் சூரிய ஒளி குறைவாக படுவதால் அங்கு உறைபனிக்கோடு தாழ்வாக உள்ளது. உதாரணமாக ஆல்ப்ஸ் மலைகளில் தெற்குச் சரிவுகளில் இது 2700 மீட்டரிலும், வடக்குச் சரிவுகளில் 2400 மீட்டரிலும் காணப்படுகிறது. பூமத்தியரேகைப் பகுதியிலுள்ள சில உயர்ந்த மலைகளில் இக் கோடு, மலைஉச்சியில் காணப்படுகிறது. உதாரணமாக கிழக்கு ஆப்பிரிக்க மலைகளிலும், கிளிமஞ்சாரோ (Kilimanjaro), கென்யா மலைகளிலும் இது 4800 மீட்டர் முதல் 5400 மீட்டர் வரை அமைந்துள்ளது. அயன மண்டல பிரதேசத்தில் அதாவது பூமத்தியரேகையின் வடக்கிலும் தெற் கிலும் சுமார் 20° முதல் 30° வரையிலான பகுதியில் இது 6000 மீட்டர் உயரத்திற்குமேல் காணப்படுகிறது. உதாரணமாக இமய மலையில் இது 4000 மீட்டர் முதல் 6000 மீட்டர் வரை உயரத்தில் வேறுபடுகிறது. துருவப்பகுதிகள் நீங்கலாக, இந்தியாவில்தான் உலகிலேயே மிக அதிக பரப்புள்ள பனி மண்டலம் காணப் படுகிறது. பூமத்திய ரேகையிலிருந்து துருவங்களை நோக்கிச் செல்லச் செல்ல உறைபனிக்கோடு தாழ்ந்துச் செல்லுகிறது. துருவப் பகுதியில் கடல் மட்டத்திலேயே வெப்பம் உறைநிலைக்கும் குறைவாக உள்ளதால் கடல் மட்டத்திலேயே நிரந்தர பனிக்களம் காணப்படுகிறது. எனவே இங்கு உறைபனிக்கோடு கடல் மட்டத்திலேயே காணப்படுகிறது,

பனிமணிகள்

பனிமழைத் தொடர்ந்து பெய்யும்போது பனி மேலும்மேலும் படிவதால் அடித்தளத்தில் அமைந்த பனி இறுகி அடர்த்தி மிகுந்ததாக மாறுகிறது. இவ் விதம் இருகிய பனி, பனிமணி (firn or neve) எனப்படும். பனிமணி என்பது உறைபனி, பனிக் கட்டியாக மாறுவதற்கு முன்பு உள்ள ஒரு இடை நிலையாகும். புதிதாக தரையில் வந்து குவியும் உறைபனி லேசாகவும், பஞ்சு போலவும், எளிதில் நகரக்கூடியதாகவும் இருக்கிறது. ஆனால் தரையில் படிந்தவுடன் அதன் மீது மென்மேலும் பனி குவிந்து அமுக்குவதால் அது இறுகிவிடுகிறது. புதிதாகத் தரையை வந் தடைகிற உறைபனி மிகக் குறைவான அடர்த்தியையும், மிக அதிகமான புரைத்தன்மையும் கொண்டிருக்கிறது. இதன் அடர்த்தி ஒரு கன சென்டி மீட்டருக்கு சுமார் 0.07 முதல் 0.18 கிராம் வரைதான் இருக்கும். உறை பனியிலுள்ள பனிப்படி

கங்கள் ஆறுபக்க அமைப்புக் கொண்டவை. இவை உருகும் போதும், மறு படிகமாகும் போதும் மழுங்கி உருண்டையாக மாறுகின்றன. பின்னர் இவை இணைந்து இறுகி பனி மணிகளாகின்றன,

உறைபனி, பனி மணியாக மாறுவதற்கு பதங்கமாதல் (sublimation), நெருக்கப்படுதல், உருகுதல், மீண்டு உறைதல் உரு மாறுதல் (plastic deformation) ஆகியவை முக்கிய காரணங்களாகும். பதங்கமாதலில் திடப் பொருள் திரவ நிலையை அடையாமல் வாயு நிலையை அடைகிறது. அப்போது பனிப் படிகங்களின் விளிம்பிலிருந்து நீராவி மூலகங்கள் வெளியேறுகின்றன. இவற்றில் சில பனிப் படிகங்களின் மையத்தில் ஒட்டிக் கொள்வதால் படிகங்கள் ஒவ்வொன்றும் பெரிதாக வளர்ந்து ஒன்றுக் கொன்று இறுகிவிடுகின்றன. பின்பு புதிய உறைபனி இதன் மீது குவிந்து படிவதால் அங்கு அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. இதனால் சில பனித் துகள்கள் உருகுகின்றன. உருகிய நீர், பனி மணிகளுக்கிடையே கீழ் நோக்கிச் செல்லுகிறது. அங்கு அது மீண்டும் உறைவதால் பனி மணிகள் ஒன்றுக் கொன்று இணைந்து நெருக்கமாகின்றன. அழுத்தம் காரணமாக பனி மணிகளுக்கு இடையிலிருக்கும் காற்று வெளியேறுகிறது. அப்போது பனிமணிகள் மேலும் நெருக்கமாகி இறுகிவிடுகின்றன.

இவ்வாறு இறுகிய பனிமணிகளின் அடர்த்தி 0.4 முதல் 0.8 வரை காணப்படும். இப் பனிப்பரப்பில் மென் மேலும் பனி குவிந்தால் இது அமுக்கப்பட்டு மறுபடிகமாகி அழுத்தமான பனிக் கட்டியாக மாறுகிறது. அப்போது அதன் அடர்த்தி கன சென்டி மீட்டருக்கு 0.92 கிராம் வரை இருக்கும். பனி மணிகள் பனிக் கட்டியாக மாறுவது வெப்ப நிலை, உறை பனி குவியும் அளவு ஆகியவற்றைப் பொருத்துள்ளது. பனி மணிகள் பனிக்கட்டியாக மாறுவதற்கு தேவைப்படும் காலமும் இடத்திற்கு இடம் மாறுகிறது. மித வெப்ப மண்டலத்தில் பனி மணிகள் பனிக்கட்டியாவதற்கு சில மாதங்களே ஆகின்றன. ஆனால் துருவப் பிரதேசங்களில் உறைபனி உருகுதலும், மறுபடிகமாதலும் ஏற்படுவதில்லையாகையால் பனி மணிகள் பனிக்கட்டியாக மாறுவதற்கு 100 ஆண்டுகள் கூட ஆகும்.

பனியாறுகள்

பனிக்கட்டியும், பனி மணியும் நிலத்தில் மெதுவாக நகருவதைப் பனியாறு (glacier) என்கிறோம்.

பனியாறு உற்பத்தியாவதற்கு கீழ்க் கண்ட சூழ் நிலைகள் அவசியம்:

(1) தொடர்ந்த பனி மழை ;

(2) ஆண்டின் சராசரி வெப்பம் உறை நிலைக்கும் குறைவான வெப்பம் ;

(3) பனிக்கட்டியின் உருகு நிலை குறைவாக இருத்தல் ;

(4) குளிர் காலத்தில் பனிமழையின் அளவு கோடையில் பனி உருகும் அளவை விட அதிகமாக இருத்தல் ;

மேற்கூறிய சூழ்நிலைகளில், உறைபனி குவிந்து பனிமணியாகி பின்பு அது இறுகி பனியாறுக மாறுகிறது. பனியாறுகள் தோன்று வதற்கு வெப்பம் குறைந்திருந்தால் மட்டும் போதாது; பனி மழையும் இதற்குத் தேவைப்படுகிறது. ஆர்க்டிக், அண்டார்க்டிக் பகுதிகளில் பனிக்கட்டிகள் இருந்த போதிலும் பனிமழை போது மான அளவிற்கு இல்லாததால் அங்கு பனியாறுகள் காணப்பட வில்லை. இதைத் தவிர உறை பனியைப் பனிக்கட்டியாக மாற்றக் கூடிய மற்ற சூழ் நிலைகள் இங்கு இல்லை.

பனியாற்றில் பனி மணிகள் அடுக்கு அமைப்பு கொண்டதாகக் காணப்படுகிறது. இது ஒவ்வொரு ஆண்டின் பனி மழையைக் குறிக்கிறது. பனியாறு நகரும்போது இந்த அடுக்கமைப்பு மறைந்து விடும். பனியாறு தோன்றும் இடத்திலுள்ள காற்றின் சராசரி வெப்பநிலை பனியாற்றின் வெப்பநிலைக்கு ஏறத்தாழ சமமாக உள்ளது. பனிக்கட்டி அடுக்குகளில் காற்று நிறைந்திருப் பதால் அது வெப்பத்தை எளிதில் கடத்துவதில்லை. எனவே பனியாறு தோன்றும்போது காற்று எந்த வெப்பநிலையில் இருந்ததோ அதே வெப்பநிலை பனிக்கட்டி அடுக்குகளில் காணப் படுகிறது. ஒரு கிராம் பனிக்கட்டி உருகும்போது சுற்றுப் புறத்திலிருந்து 80 கலோரி உள்ளுறை வெப்பத்தை (latent heat) ஈர்த்துக் கொள்கிறது. அதேபோல் ஒரு கிராம் பனிக்கட்டி உறையும்போது 80 கலோரி உள்ளுறை வெப்பம் வெளிப்படுகிறது.

பனியாறு கீழ்ச்சரிவை நோக்கி மெல்ல நகரும் போது, சரிவு திடீரென மிகும் சமயத்தில் அது மிகவும் வேகமாக சரிந்து விழுகிறது. இது பனிப்பாறை வீழ்ச்சி (avalanche) எனப்படும். இவ்வித பனிப்பாறை வீழ்ச்சி மிகுந்த சேதத்தை விளைவிக்கும்.

பனியாற்றின் வகைகள்

பனியாறுகளை அவற்றின் அளவு, அமைப்பு, தோற்றம் ஆகிய வற்றின் அடிப்படையில் மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம், அவை பின்வருமாறு :

(1) பள்ளத்தாக்குப் பனியாறு (valley glacier) அல்லது மலைப் பனியாறு (Mountain glacier)

(2) மலையடிப் பனியாறு (Piedmont glacier)

(3) பனி விரிப்பு (Ice sheet) அல்லது கண்டப் பனியாறு (continental glacier)

பள்ளத்தாக்குப் பனியாறு

பனிக்கட்டி பள்ளத்தாக்குகளின் வழியே கீழ்நோக்கி நகருவதைப் பள்ளத்தாக்குப் பனியாறு என்கிறோம். இத்தகைய பனியாறுகள் மலைகளிலுள்ள பள்ளத்தாக்குகளில் காணப் படுகின்றன. பனிமணிகள் குவிந்துள்ள இடத்திலிருந்து பனிக் கட்டி, பள்ளத்தாக்குகளின் வழியே சுலபமான வழிகளில் கீழ் நோக்கி நகருகிறது. இது பல வகைகளில் ஆறுகளைப்போல் செயல்படுகிறது. ஆறுகளைப் போலவே பனியாறுகளும் அகலம், ஆழம், நீளம், வேகம் ஆகியவற்றில் இடத்திற்கு இடம் மாறு படுகிறது. சில பனியாறுகள் சுமார் 160 கி.மீ. தூரமும், சில 8 கி.மீ. அகலமும் கொண்டுள்ளன.

பனியாறுகள் பொதுவாக ஒரு நாளைக்கு ஒரு சில மீட்டர்களே நகரும். கிரீன்லாந்திலுள்ள சில பனியாறுகள் ஒரு நாளைக்கு 15 மீட்டர் கூட நகருவதுண்டு. பனியாறுகளின் அசைவு நிலத்தின் சரிவு, பள்ளத்தாக்கின் உராய்வு, பனிக்கட்டியின் கனம், வெப்ப நிலை, பனிக்களத்திலிருந்து ஏற்படும் அழுத்தம் ஆகியவற்றைப் பொருத்துள்ளது.

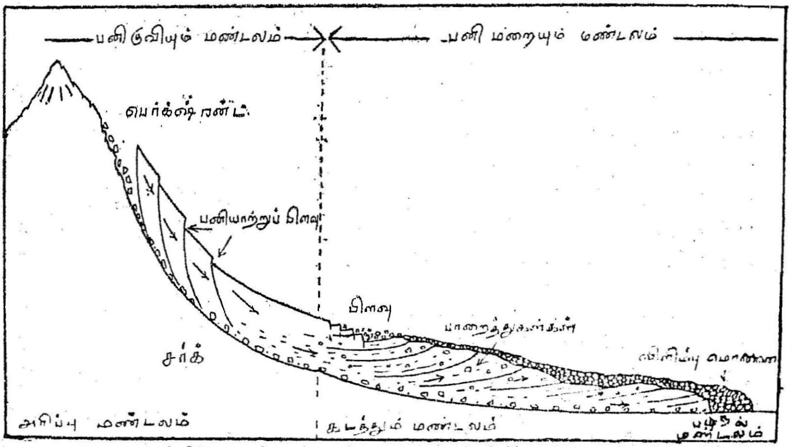
பள்ளத்தாக்கு பனியாறுகள் மலையிலிருந்து கீழே நகரும் போது நாக்கு போன்ற வடிவத்தில் காணப்படுகின்றன.

இந்தியாவில் இமயமலைகளில் உலகின் மிகப் பெரிய பனி யாறுகள் காணப்படுகின்றன. காரகோர இமாயலய மலையில் இந்தியாவின் நான்கு பெரிய பள்ளத்தாக்குப் பனியாறுகள் காணப் படுகின்றன. அவை சியாசென் (Siachen, 70 km), பால்டோரா (Baltoro, 60 km), பியாஃபோ (Biafo, 60 km), ஹிஸ்பார் (Hispar, 62 km) என்பனவாகும். பள்ளத்தாக்கு, பனியாறுகள் ஆல்ப்ஸ், ராக்கி மலைகளிலும் காணப்படுகின்றன.

பள்ளத்தாக்கு பனியாற்றின் மண்டலங்கள்

பள்ளத்தாக்கு பனியாற்றில் பனிகுவியும் மண்டலம் (zone of accumulation), பனி அழியும் மண்டலம் (zone of ablation) என இரு பகுதிகள் உள்ளன (படம் 85).

பனி குவியும் மண்டலம் பனியாறு உற்பத்தியாகிற இடமாகும். இம் மண்டலத்தில் உறைபனி குவிந்து சேரும் அளவு பனி உருகிமறையும் அளவைக் காட்டிலும் அதிகமாக உள்ளது. இம் மண்டலம் மிகவும் உயரத்தில் அமைந்திருப்பதால் இதன் உச்சியில் புதிய பனித்துகள்கள் தொடர்ந்து படிகின்றன. இப் பனித்துகள்கள் பனிக்கட்டிக்குள் அமிழ்ந்து கீழ் நோக்கிச் செல்வதோடு பள்ளத்தாக்கின் கீழ்ச் சரிவை நோக்கியும் நகருகின்றன. எனவே பனிக்கட்டிகள் தரைக்கு ஏறத்தாழ செங்குத்தாக நகருகின்றன.



படம் 85. பள்ளத்தாக்கு பனியாற்றின் மண்டலங்கள்.

பனி அழியும் மண்டலம் பள்ளத்தாக்கின் முகப்பு அல்லது விளிம்பில் உள்ளது. இங்கு பனி அழிவது பனி உருகுதல், ஆவியாதல், புடைத்தெடுத்தல் ஆகிய செயல்களால் ஏற்படுகிறது. பனியாறு கீழ்நோக்கி நகரும்போது வெப்பம் சிறிது சிறிதாக அதிகரிப்பதால் இம் மண்டலத்தில் அது உருகத் தொடங்குகிறது. அப்போது அங்கிருந்து ஆறுகள் தோன்றுகின்றன. எனவே பனி அழியும் மண்டலம் ஆறுகளின் உற்பத்தியிடமாக உள்ளது. உதாரணமாக இமயமலைக்கு அப்பாலுள்ள கேதார்நாத் சிகரத்திலிருக்கும் கங்கோத்ரி பனியாற்றின் விளிம்பிலுள்ள கைமுக் (Gaimukh) பனிக்குகையில் பனி உருகுவதால்தான் பாகிரதி நதி தோன்றுகிறது.

பனி குவியும் மண்டலத்தையும், பனி அழியும் மண்டலத்தையும் பிரிக்கிற எல்லை பனிமணி எல்லையாகும். இது பனி குவியும் மண்டலத்தின் கீழ் எல்லையாகும். இங்கு பனி நிரந்தரமாகக் காணப்படுவதால் இதனை உறைபனிக் கோட்டிற்கு சமமாகக் கருதுகிறோம்.

பனி குவியும் பகுதியில் பனியாற்று அரிப்பு தீவிரமாக இருப்பதால் இது அரிப்பு மண்டலம் (zone of erosion) எனப்படுகிறது. இம் மண்டலத்தையடுத்து கீழ்ப்பகுதியில் அழுத்தத்தினுல் உந்தப்பட்ட பனிக்கட்டிகள் தரைக்கு இணையாக நகருகின்றன. இது கடத்தல் மண்டலம் (Zone of transportation) எனப்படும். பனி அழியும் மண்டலத்தின் விளிம்பில் பனி உருகுவதால் பனியாற்றுப் படிவுகள் தோன்றுகின்றன. இது படிதல் மண்டலம் (Zone of deposition) எனப்படும்.

மலையடிப் பனியாறு

மலையிலிருந்து இறங்கிவரும் இரண்டு அல்லது மூன்று பள்ளத்தாக்குப் பனியாறுகள் மலையடிவாரத்தில் ஒன்ருக இணைந்து காணப்படுவதை மலையடிப் பனியாறு என்கிருேம். உயர்ந்த நிலத்திலிருந்து தாழ்ந்த நிலத்தை அடையும் இப் பனியாறுகள் ஒன்றுக் கொன்று இணைவதால் பரப்பளவில் பெருகி மலையடிவாரத்தைக் கவ்விக்கொள்கின்றன. இவை பரப்பளவில் பெரியதாகையால் மிகவும் மெதுவாகவே நகருகின்றன. அலாஸ்காவிலுள்ள மலஸ்பினு (Malaspina) பனியாறு 112 கி.மீ. அகலமும், 300 மீ. கனமும் கொண்டு சுமார் 2000 சதுர கி.மீ. களுக்குப் பரவியுள்ளது.

பனி விரிப்பு அல்லது கண்டப் பனியாறு

கண்டப் பனியாறுகள் அல்லது பனிவிரிப்புகள் (ice-sheet) பெரும் பரப்பில் அமைந்துள்ளன. இவை அளவில் மிகப்பெரியவையாகும். இவை சமவெளி, பீடபூமி ஆகியவற்றில் காணப்படுகின்றன. கண்டப் பனியாற்றின் நடுப்பகுதியில் பனிமழை பெய்து பனிசேர்வதால் அங்கு அழுத்தம் ஏற்பட்டு பனியாறு எல்லா திசைகளிலும் நகருகிறது. கண்டப் பனியாறுகளுக்கு அன்டார்க்டிகாவையும், கிரீன்லாந்தையும் சிறந்த உதாரணமாக குறிப்பிடலாம்.

அன்டார்க்டிக் கண்டப் பனியாறுதான் உலகிலேயே மிகப் பெரியதாகும். இக் கட்டத்தின் பெரும்பகுதி உறைபனிக் கோட்டிற்கு மேலுள்ளது. இதில் பனிக்கட்டி ஒரு தட்டையாக்கப்பட்ட கும்மட்டம்போல் காட்சியளிக்கிறது. அன்டார்க்டிக் கண்டப் பனியாற்றின் பரப்பு சுமார் 12,500,000 சதுர கி.மீ.களாகும்.

கிரீன்லாந்தின் பரப்பில் சுமார் 85 சதவீதம் நிரந்தரப் பனிக் கட்டியினுல் மூடப்பட்டுள்ளது. இதன் பரப்பு 1,750,000 சதுர கி.மீ.களாகும். இதன் கனம் சுமார் 1,800 மீட்டர்களாகும்.

சில இடங்களில் 3,000 மீ. வரையிலும் காணப்படுகிறது. கிரீன்லாந்தின் மையப் பகுதி கடல் மட்டத்திற்கு கீழே காணப் படுகிறது. இது பனிக்கட்டியின் எடையினுல் அமிழ்ந்திருக்கக் கூடுமென கருதப்படுகிறது. சில சமயங்களில் பனி விரிப்புகள் சிறிய பரப்பில் அமைவதுண்டு. ஐஸ்லாந்து, நார்வே ஆகிய பகுதிகளில் இத்தகைய பனிவிரிப்புகள் காணப்படுகின்றன. ஐஸ்லாந்தில் வட்ஞஜோக்குல் (Vatnajokull) என்ற இடத்தி லிருக்கும் பனிவிரிப்பு சுமார் 18750 ச.கி.மீ. பரப்பில் அமைந் துள்ளது. இதன் கனம் சுமார் 225 மீ. ஆகும்.

பனிவிரிப்புகள் சில சமயங்களில் மலைப்பகுதிகளில் அமைவ துண்டு. இவை பனிப் போர்வை (ice cap) எனப்படும். பனிப் போர்வை மலைப் பள்ளத்தாக்குகளில் படிந்திருக்கும். இது அளவில் சிறியது; எத்திசையிலும் நகரும் தன்மையுடையது. இத்தகைய பனிப் போர்வைகள் தனித்த மலையிலும், தொடர் மலையிலும் காணப்படும்.

நுஞடக்கு

பனி விரிப்பினுல் மூடப்பட்டிருக்கும் நிலத்தில் பனிக்கட்டியின் கனம் மிகவும் குறைந்த பகுதிகளில் மலைத்தொடர்கள் வெளியே தோன்றும். இவற்றின் சரிவு மிகுந்த பகுதியிலும் கடுங்காற்று வீசும் திசையிலும் பனிக்கட்டி அவ்வப்போது அகற்றப்படுகிறது. எனவே, இம் மலைத் தொடர்கள் சுற்றிலும் பனிவிரிப்பினுல் சூழப்பட்டு நடுவே தீவுகளைப்போல் உயர்ந்து தோற்றமளிக்கும். இவ்வாறு பனிவிரிப்பின் நடுவே தீவுகளைப்போல் உயர்ந்து காட்சி யளிக்கும் மலைச்சிகரங்களுக்கு நுஞடக்குகள் (Nunataks) அல்லது பனியாற்றிடைக் குன்றுகள் என்பது பெயர்.

மலைகளுக்கிடையே நிரம்பியிருக்கும் பனிக்கட்டி மலைவிளிம்பு களில் வழிந்து பள்ளத்தாக்குப் பனியாருக கடலில் சேருகிறது. இது ஏற்றவற்ற நீர் பனியாறு (tidal water glacier) எனப்படும். சிலசமயம் கடலை அடைவதற்கு முன்னரே பனியாறு உருகி மறைவதுண்டு. கிரீன்லாந்தில் கோடையில் பனியாற்றின் விளிம்பிலிருந்து பிரிந்துவரும் சிலபகுதிகள் லாபரடார் (Labrador) போன்ற கடல் நீரோட்டங்களால் தெற்குநோக்கி கடத்தப் படுகின்றன. இவை மிதக்கும் பனிப்பாறைகள் (ice bergs) எனப்படும்.

கார்பானிபெரஸ் காலத்தின் இறுதியில் மத்திய இந்தியாவி லிருந்து பனியாறுகளும், பனிவிரிப்புகளும் வடக்கே ராஜஸ்தானை

நோக்கி நகர்ந்தன என்றும் பஞ்சாபிலும், காஷ்மீரின் சில பகுதி களிலும் பனிப்பாறைகள் (ice bergs) மிதந்துச் சென்றன என்றும், ராஜஸ்தானைச் சார்ந்த பெரும் பாறைகள் பனியாற்றினால் கடத்தப்பட்டு பஞ்சாப் உப்புமலைப் பகுதியில் படிந்தன என்றும் ஆராய்ச்சிகள் மூலம் தெரியவருகிறது.

பனிக்கட்டியின் அசைவு

பனிக்கட்டி தோன்றிய இடத்திலிருந்து மெதுவாக நகரு வதற்கு பல காரணிகள் ஒன்றாக செயல்பட வேண்டியுள்ளது. பனிக்கட்டி படிமாகிய பின்பும் ஒரு கெட்டியான திரவம் (viscous) போன்று செயல்படுகிறது. அது நகருவதற்கான காரணங்கள் பின்வருமாறு :

(1) பனிப் படிகங்களின் உள்ளமைப்பு மாற்றம் (internal deformation of ice crystals)

(2) உருகுதலும் உறைதலும் (melting and freezing)

(3) பனிக்கட்டி பாறையின்மீது சறுக்கிச் செல்லல் (basal slip of ice over rock)

(4) பனிக்கட்டி அடுக்குகளாக முறிதலும் பிளவுபடுதலும் (brittle fracture and faulting)

துருவப் பகுதியில் பனிப் படிகங்களின் உள்ளமைப்பு மாற்றத் தால் பனியாறு நகருகிறது. மிதவெப்ப மண்டலத்திலுள்ள பனியாறு துருவத்திலுள்ள பனியாற்றைக் காட்டிலும் சற்று வேகமாக நகருகிறது. ஏனெனில் இங்கு பனிக்கட்டி உருகி மீண்டும் உறைகிறது. அழுத்தம் காரணமாக பனி உருகும்போது நீரின் மூலகங்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவை அழுத்தம் குறைந்த பகுதியை நோக்கிச் செல்லும்போது மீண்டும் படிக அமைப்பு ஏற்படுகிறது. இம் மூலகங்கள் பனிக்கட்டியினுள்ளேயே இடம் பெயர்வதால் பனிமணிகளினிடையே புகுந்து வழவழப்பை ஏற்படுத்தி அவற்றை நகரச் செய்கிறது. பாறைகளின் மேல் சறுக்கிச் செல்லல் பள்ளத்தாக்கு பனியாற்றில் மிகுதியாகக் காணப்படுகிறது. சரிவுமிகுந்த பள்ளத்தாக்குகளில் பனியாற்றின் மேலடுக்கின் அழுத்தத்தினால் பனிக்கட்டி கீழ்நோக்கி சரிகிறது. மலைச்சரிவுள்ள பனியாற்றின் அசைவு 90 சதவீதம் சறுக்குதலால் ஏற்படுகிறது. பாறைகளில் பனிக்கட்டி சறுக்கிச் செல்வதற்கு உருகுதலும், உறைதலும் அவசியமாகும். பள்ளத்தாக்கு பனி யாற்றின் அடிப்பாகத்தில் ஒரு கல் தட்டுப்பட்டால் பனியாறு நகர்வது தடைப்பட்டு அங்கு அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. அப்போது

பனி உருகி நீர் பள்ளத்தாக்கின் கீழ்ச்சரிவை நோக்கிச் செல்கிறது. கீழ் மட்டத்தில் அழுத்தம் குறைவாக இருப்பதால் அது மீண்டும் உறைகிறது. அப்போது மேல் பகுதியில் பனியாற்றின் அடியில் மெல்லிய நீர்பரப்பு காணப்படுவதால் அதன் மீது பனியாறு சறுக்கிக் கொண்டு கீழே நகர்கிறது. இதன் வேகம் பாறையின் கரடுமுரடான தன்மையைப் பொருத்துள்ளது. பள்ளத்தாக்கு பனியாறு முற்றுபெறும் இடங்களில் பனிக்கட்டி முறிந்து பிளவு தளத்தின் வழியே நகருகிறது. இது உதைப்புப் பிளவை ஒத்திருக்கும். இங்கு பனிக்கட்டி அடுக்கடுக்காக முறிவதாலும் அதில் பிளவு ஏற்படுவதாலும் அது கீழ் நோக்கி நகருகிறது. பனிக்கட்டியில் பிளவு ஏற்படுவதற்கு பள்ளத்தாக்கின் படுகையிலுள்ள சரிவு வேறுபாடு காரணமாகும். பள்ளத்தாக்குப் பனியாற்றில் நெருக்கப்பட்டிருந்த பனிக்கட்டி சமவெளியை அடையும்போது விரிவடைவதால் பனியாறு நகருகிறது.

மேற்கூறிய எந்த ஒரு தனித்த காரணத்தினுலும் பனியாறு நகருவதில்லே. அவற்றின் கூட்டுச் செயலால்தான் அது நகருகிறது. உதாரணமாக பனிக்கட்டியில் படிக அமைப்பு மாறும் போது உருமாற்றமும் ஏற்படுகிறது; பனிப் பரப்பில் முறிவு ஏற்படுகிறது. அதே சமயத்தில் இங்கு உருகுதலும் உறைதலும் காணப்படுகிறது. அதனுல் சறுக்குதலும் நிகழ்கிறது.

பனியாறு நகருகிறது என்பதற்கு பல சான்றுகள் உள்ளன. பனியாற்றின் குறுக்கே நேர் வரிசையாக குச்சிகளேச் செருகி சில காலம் கழித்துப் பார்த்தால் குச்சிகள் நேர் வரிசையில் இல்லாமல் வளேந்து காணப்படுகின்றன. இது பனியாறு நகருவதை மட்டுமன்றி அது நகரும் திசையையும் காட்டுகிறது. பனியாற்றின் பக்கங்களில் உராய்வு ஏற்படுவதால் பக்கங்களேவிட நடுப்பகுதியில் அது வேகமாக நகருகிறது. பனியாற்றிலுள்ள பாறைகள் சில அந்த இடத்திற்கு புதிதாக இருப்பதால் அது கடத்தப்பட்டு வந்திருக்கிறது என்பது புலனுகும். இதிலிருந்தும் பனியாறு நகருகிறது என்பதை அறியலாம். பனியாற்றுப் படுகை வழவழப்பாக்கப்பட்டிருப்பதும் பாறைகளில் கோடுகள் விழுந்திருப்பதும் பனியாறு நகர்வதைக் காட்டுகின்றன.

மித வெப்ப மண்டல பனியாறுகள் ஒரு நாளேக்கு சில செ.மீ. முதல் 2 மீட்டர் வரை நகர்கின்றன. சரிவு மிகுந்த பகுதிகளிலும், பனி உருகும் பருவங்களிலும் அவை பன்மடங்கு வேகமாக நகருகின்றன. பனியாறு நகருவது பனிக்கட்டியின் கனம், வெப்பநிலே, சரிவு ஆகியவற்றைப் பொருத்துள்ளது. அன்டார்க்டிகாவிலுள்ள

மிகக் குளிர்ந்த பனியாறுகள் ஒரு ஆண்டிற்கு சில அடிகள் மட்டுமே நகர்கின்றன. அலாஸ்காவிலுள்ள பனியாறுகள் ஒரு நாளைக்கு சுமார் 60 மீட்டர்கள் கூட நகருவதுண்டு.

பனியாற்றின் அரிப்புச் செயல்

ஆற்றைப் போல் பனியாறும் அரிப்புச் செயலில் ஈடுபட்டு அரித்த பொருட்களைக் கடத்தி பின் படியச் செய்கிறது. பனியாறு பாறைகளை அரிப்பது பல வழிகளில் ஆற்றின் அரிப்பை ஒத்துள்ளது. இவை இரண்டுமே தம் போக்கில் இடைப்பட்ட பாறைகளைத் தகர்த்து அவற்றைத் துகள்களாக மாற்றுகின்றன. மேலும், இவை பாறைத் துகள்களைக் கடத்திச் செல்வதால் இப் பாறைத் துகள்கள் பாறைகளை அரிப்பதற்கு சிறந்த கருவிகளாகப் பயன்படுகின்றன. ஆற்றையும் பனியாற்றையும் ஒப்பிடும்போது ஆறு மிகுந்த விசையுடனும், உறுதியற்றும் காணப்படுகிறது; ஆனால் பனியாறு வேகம் குறைந்தும் உறுதியாகவும் காணப்படுகிறது. ஆறு கடத்தும் பாறைகள் உருண்டையாகவும் கூரான முனைகள் கொண்டதாகவும் இருக்கும். அதே சமயத்தில் பனியாறு கடத்தும் கற்கள் தட்டையாகவும் வளைந்த பக்கங்களுடனும், இப் பக்கங்கள் கூடும் முனை மழுங்கியும் இருக்கும்.

தூய்மையான பனிக்கட்டி பள்ளத்தாக்கில் நகரும்போது அவ்வளவாக அரிப்பு ஏற்படுவதில்லை. ஆனால் பனிக்கட்டியில் உதிர்ந்த பாறைத் துகள்கள் பதிந்திருக்கும்போது அரிப்பு மிகுதியாக இருக்கும். இப் பாறைத் துகள்களே பனியாறு அரிப்புச் செயலைச் செய்ய உதவும் கருவிகளாக உள்ளன. பனியாற்றின் அடிப்பாகத்தில் பதிந்திருக்கும் இக் கற்கள் ரம்பத்தைப் போன்று அமைந்து வழியில் தென்படும் மேடான பகுதியையும் லேசாகப் பதிந்த கற்களையும், அரித்தும், இழைத்தும், பறித்தும் செல்கின்றன. இவற்றின் உராய்வினால் பள்ளத்தாக்கின் அடிப்பாகமும் பக்கங்களும் மேடு பள்ளம் இல்லாமல் சமமாக்கப் படுகின்றன.

பனியாற்றுப் பிளவுகள்

பள்ளத்தாக்கு பனியாற்றின் படுகை மேடுபள்ளம் கொண்டதாக இருப்பின் அதில் நகர்ந்து செல்லும் பனிக்கட்டியில் பிளவுகள் தோன்றுகின்றன. இவை பனியாற்றுப் பிளவுகள் (crevasses) எனப்படும். பனியாற்றுப் பிளவு பொதுவாக குறுக்கிலும் (transverse), நெடுக்கிலும் (longitudinal) ஏற்படுகிறது.

குறுகிய பள்ளத்தாக்கின் வழியே ஊர்ந்து வரும் பனிக்கட்டி திடீரென ஒரு அகலமான பள்ளத்தாக்கின் வழியே செல்ல நேரிடும்போது பனிக்கட்டி விரிவடைவதால் அதில் நீளவாட்டில் (நெடுக்கில்) பிளவுகள் தோன்றுகின்றன. இவை ஒன்றுக்கொன்று இணையானவை. பள்ளத்தாக்குப் படுகையில் மட்ட வேறுபாடு காணப்படின் பனிக்கட்டி அவ்வழியே ஊர்ந்து செல்லும்போது குறுக்கு வசத்தில் பிளவுகள் தோன்றுகின்றன. இப்பிளவுகள் பனிக்கட்டியின் மேற்பரப்பில் அகன்றும் கீழே செல்லச்செல்ல குறுகியும் காணப்படுகின்றன. இப் பிளவுகளில் விழும் பாறைத் துகள்கள் பனிக்கட்டியின் அடியில் சென்று உரைகின்றன. இவற்றின் உதவியோடு பனிக்கட்டி பள்ளத்தாக்கின் படுகையை அரிக்கிறது. பனியாற்றின் அரிப்புச்செயல் இருவழிகளில் ஏற்படு கிறது. அவை (1) உராய்ந்து அரித்தல் (abrasion) (2) பறித் தெடுத்தல் (plucking or quarrying) என்பனவாகும்.

(1) உராய்ந்து அரித்தல்: உராய்ந்து அரித்தல் என்பது பனிக்கட்டி நகரும்போது பாறையைத் தேய்த்து அரித்தலைக் குறிக்கிறது. பனிக்கட்டி நகரும்போது நுண்ணிய களிமண்ணி லிருந்து பெரிய பாறைவரை அதில் பதிந்துவிடுகின்றன. பனியாறு பாறையின்மீது நகர்ந்து செல்லும்போது அதில் பதிந்துள்ள பொருட்கள் பாறைகளை உப்புக்காகிதம் (sand paper) இழைப்பது போல் இழைக்கின்றன. எனவே பாறைகள் அரிக்கப்பட்டு மழமழப்பாகின்றன.

பனிப் படிகங்கள் மிகவும் மெதுவாக உருமாற்றம் அடைவ தால் அவை பற்றிக் கொண்டிருக்கும் பாறைத் துகள்கள் எளிதில் அவற்றைவிட்டு விலகுவதில்லை. அது மட்டுமன்றி பனிக்கட்டியின் எடை மிகுதியாக உள்ளதால் படுகையிலுள்ள இப் பாறைத் துகள்கள் பனிக்கட்டியினுள் பதிந்து உட்செல்லவும் முடியாது. எனவே, அவை படுகையிலுள்ள பாறையை சுரண்டியும், அரைத்தும், சிராய்த்தும் செல்கின்றன. அதனால் படுகையிலுள்ள மேடுபள்ளங்கள்யாவும் நீக்கப்பெற்று சமநிலமாகிறது. அப்போது பனியாற்றில் பதிந்திருக்கும் பாறைத்துகள்கள் அடியிலுள்ள பாறையை சிராய்த்து நீண்ட கீரல்களை ஏற்படுத்துகின்றன. இவை வரிப் பள்ளங்கள் (grooves) எனப்படும்.

பனியாற்றின் அரிப்பினாலும், கடத்துதலினாலும் ஏற்படும் மிகச் சாதாரண நிலத்தோற்றங்களில் பாறைகளில் தோன்றும் சிராய்ப்புகளும் (scratches) வரிப் பள்ளங்களும் முக்கியமானவை யாகும். பனியாற்றின் மேற்கூறிய உராய்ந்து அரித்தலினால்,

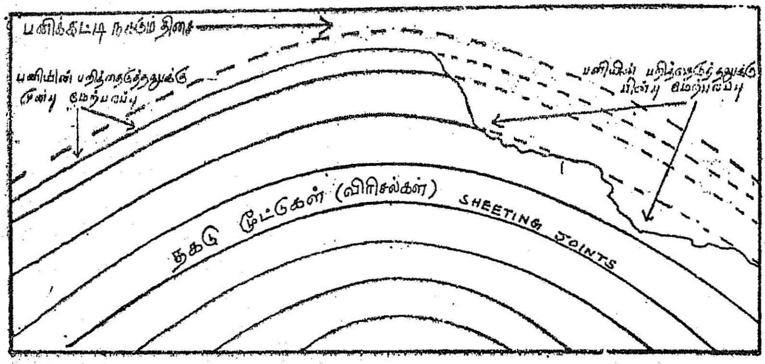
படுகையிலுள்ள கற்கள் தட்டையாகவும், மழமழப்பாகவும் இழைக்கப்படுகின்றன. மேற்கூறிய வரிப் பள்ளங்களும், சிராய்ப்பும், தட்டையான கூழாங்கற்களும் எங்காவது காணப் பட்டால் அங்கு பனியாறு இருந்திருக்க வேண்டுமென முடிவு கொள்ளலாம். ஏனெனில் வேறு எந்தச் செய்முறையினாலும் பாறைகளில் இத்தகைய கீரல்களையும் வரிப்பள்ளங்களையும் தோற்றுவிக்க முடியாது. பனியாற்றின் தட்டையான பரப்பில் காணப்படும் இவ் வரிப் பள்ளங்களும், கீரல்களும் பனிக்கட்டி நகர்ந்த திசையைக் காட்டுகின்றன. எனினும் படுகையிலுள்ள சில தடைகளினால் இத்திசை மாறுபடுவதுண்டு. கரடுமுரடான நிலத்தோற்றங்களில் பனிக்கட்டி ஒரே சீரான பாதையில் செல்லு வதில்லை யாகையால் அது இழைத்த கோடுகள் (வரிப் பள்ளங்கள்) பனிக்கட்டி நகரும் திசையை சரிவர காட்டாது.

(2) **பறித்தெடுத்தல்:** பிளவுகள் அல்லது விரிசல்கள் நிறைந்த பாறைகளில் பனிக்கட்டி நகரும்போது அது பாறைக்குள் புகுந்து உறைவதால் பாறைகள் உடைகின்றன. உடைந்த பாறைகள் பனிக்கட்டியினால் தரையிலிருந்து பறிக்கப்பட்டு தூக்கிச் செல்லப் படுகின்றன. இது பறித்தெடுத்தல் அல்லது தோண்டியெடுத்தல் (Quarrying) எனப்படும். பனிக்கட்டியின் அடிப்பாகத்தில் ஏற்படும் இச்செய்கையை ஆராய்வது சற்று கடினமாதலால் பறித் தெடுத்தல் ஏற்படுவதற்கான சரியான காரணம் இன்னும் தெரிய வில்லை. ஆனால், நீர் உறைவதும் உருகுவதும் இச் செய்முறைக்கு பெரிதும் உதவியாக இருக்கிறதென்பது மிகவும்தெளிவு. பாறைப் பிளவுகளில் தேங்கியிருக்கும் நீர் உறையும்போது அது விரிவடைவ தால் பாறைகள் உந்தப்பட்டு உடைகின்றன. பனியாறு நகரும் போது அடியில் ஒரு பாறை தட்டுப்பட்டால் இத் தடையின் மறுபக்கத்தில் பனிக்கட்டியில் அழுத்தம் குறைகிறது. அப்போது பனி உறைந்து விரிவடைவதால் பாறையை கனசதுரங்களாக சிதைக்கிறது. பனிக்கட்டி இங்கு கடக்கும்போது கனசதுரங்களைத் தரையிலிருந்து பறித்துச் செல்கிறது (படம்: 86).

சில சமயங்களில் பனிக்கட்டி நகருவதால் ஏற்படும் உந்து விசையினால் பாறை அடுக்குகள் பாதிக்கப்பட்டு மடிப்புகளும் உதைப்புப் பிளவுகளும் தோன்றி பாறைகள் பறிக்கப்படுவதுண்டு.

பறித்தெடுத்தல் மிதவெப்ப மண்டல பனிக்கட்டியில் வெகு வாகக் காணப்படுகிறது. நிலச்சரிவின் மேல் பகுதியிலிருந்து பனி உருகித் தோன்றும் நீர் கீழ்நோக்கிப் பாயும்போது இடையிலுள்ள தடையின் மறுபக்கத்தில்சென்று மீண்டும் உறைகிறது. அப்போது

அங்குள்ள உதிர்ந்த பாறைத்துகள்கள் தொடர்ந்து பின்னே வரும் பனிக்கட்டியில் பதிந்து அதனுடன் கடத்தப்படுகின்றன. எனவே இப்பறித்தெடுத்தல் செய்கை பனிக்கட்டியின் தலைத்திசையில்



படம் 86. தகடு மூட்டுகளில் (விரிசல்களில்) பனியாற்றின் பறித்தெடுத்தல் செய்கை.

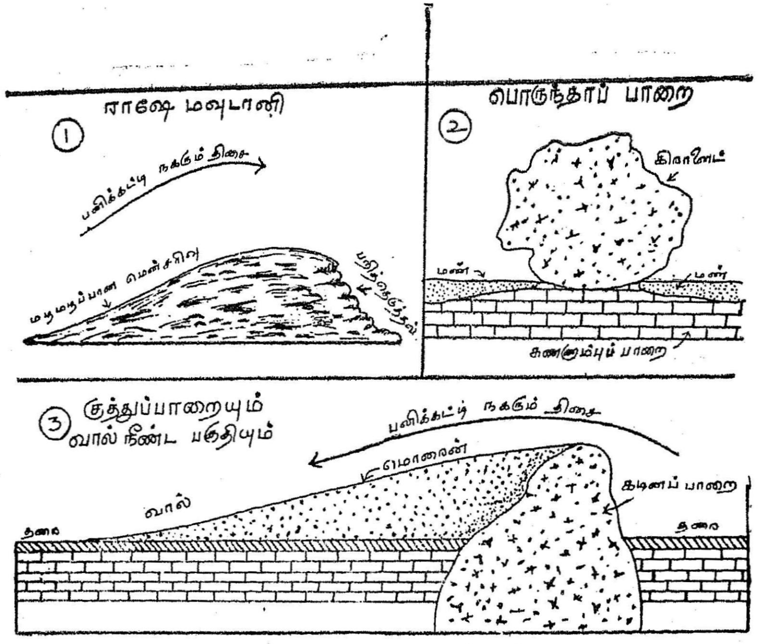
ஏற்படுகிறது. பனியாற்றின் அரிப்புச் செயலைப் பொருத்த வரையில் சில பாறைகளில் உராய்ந்து அரித்தலைவிட பறித் தெடுத்தலே அதி முக்கியமாகக் கருதப்படுகிறது.

பனியாற்று அரிப்பினுல் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்

(1) **பனியாற்றுத் தளம்** (glacial pavement) : பனியாற்றின் அரிப்புச் செயலால் பாறையின் பரப்பிலுள்ள மண் அகற்றப்பட்டு பின்பு பாறையும் அரிக்கப்பட்டு தாழ்ந்து மழமழப்பாகிறது. இத்தகைய பாறைத்தளம் பனியாற்றுத்தளம் எனப்படும். இது பெரிய நிலப்பரப்பில் தோன்றும்போது பனிக்கட்டியினுல் குடையப்பட்ட சமநிலம் (Ice scoured plain) எனப்படுகிறது.

(2) **ராஷே மவுடானி** (Roches moutonne) : ராஷே மவுடானி என்பது பனியாற்றினுல் அரித்து உருவாக்கப்படும் ஒரு வெளித் தோன்றிய பாறையாகும். நிலத்தில் வெளித்தோன்றிய ஒரு கடினப் பாறையின்மீது பனியாறு ஊர்ந்து செல்லும்போது பாறையின் ஏறுமுகத்தில் அதனை அரித்து வழவழப்பாக்கிச் செல்கிறது. அப்போது பாறையின் இறங்கு முகத்தில் சிதைந்து உதிரியான பாறைகள் பறிக்கப்பட்டு செல்கின்றன. இத்தகைய செய்கையினுல் தரையில் புதைந்திருக்கும் இப்பாறை உருவத்தில் ஒரு செம்மறி ஆடு படுத்திருப்பதைப்போல் தோன்றும். இது ராஷே மவுடானி எனப்படும். ராஷே மவுடானியின் ஏறுமுகத்தில்

பனி அரிப்பு ஏற்படுவதால் அது மென்சரிவு கொண்டதாகவும், வழவழப்பாகவும், வட்டமாகவும் தோற்றமளிக்கும். அதன் இறங்கு முகத்தில் பறித்தல் செய்கை ஏற்படுவதால் அது வன்சரிவு கொண்டதாகவும், கரடுமுரடாகவும் தோற்றமளிக்கும் (படம் ; 87).



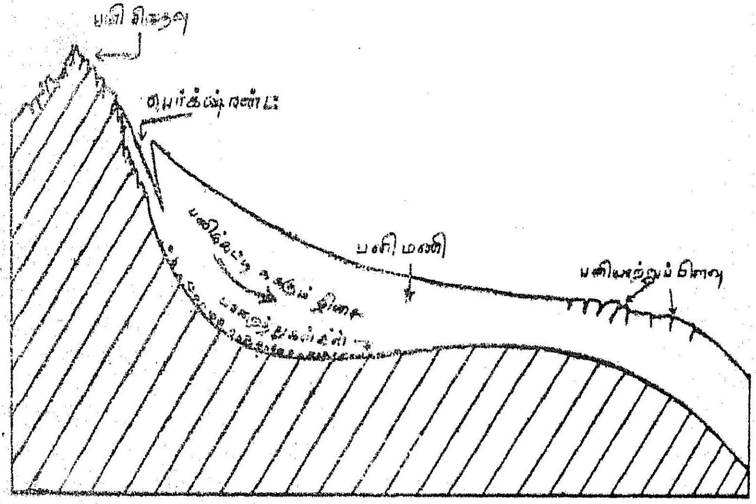
படம் 87. பனியாற்று அரிப்பினுல் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்.

ராஷே மவுடானி என்பது ஒரு பிரஞ்சு சொல்லாகும். பிரான்சில் 18 ஆம் நூற்றுண்டில் பயன்பட்டுவந்த மென்மையாக்கப்பட்ட வெண் கம்பளிப் பொய் முடி (white woollen wig) யைப் போல் இது தோற்றமளிப்பதால் இதற்கு இப்பெயர் தரப்பட்டது. சில இடங்களில் ராஷே மவுடானிக்கு பனியாற்றுப் பாறைக்குமிழ் (glaciated rock knob) என்றும் பெயர் வழங்கப் படுகிறது.

ராஷே மவுடானி பள்ளத்தாக்குப் பனியாற்றுப் பகுதியிலும் கண்டப் பனியாற்றுப் பகுதியிலும் காணப்படுகிறது. இது ஸ்காட்லாந்து மலைப்பகுதியிலும், வடக்கு வேல்ஸிலும் காணப் படுகிறது.

(3) சர்க் (cirque): பனியாற்று அரிப்பினுல் தோன்றும் நிலத் தோற்றங்களில் சர்க் முக்கியமானது. சர்க் என்பது ஒரு பிரஞ்சு சொல்லாகும். இது கம் (cum), கோரி (corrie), கொம்பே (combe) எனப் பல்வேறு பெயர்களில் அழைக்கப்படுகிறது.

சர்க் என்பது கைவைத்த ஒரு நாற்காலி (arm chair) போன்ற அமைப்பு கொண்ட ஒரு அரைவட்டக் குழியாகும். இது மூன்று பக்கங்களிலும் செங்குத்தான பாறைச் சுவர்களையும் நான்காவது பக்கத்தில் ஒரு திறப்பையும் (threshold) கொண்டுள்ளது. சர்க்கின் செங்குத்துச் சுவர்கள் 30 மீ. முதல் 300 மீ. வரை உயரம் கொண்டிருக்கும். இதன் அடிவாரத்தில் ஒரு குழி காணப் படுகிறது. சர்க்கிலுள்ள பனிக்கட்டி உருகும்போது இக் குழியில் நீர் தேங்கி ஒரு ஏரியாக காட்சி தரும். இது மலைச்சுனை (tarn) எனப்படும். இதன் கீழ்ச்சரிவில் வாயிற்படி உள்ளதால் இங்குள்ள நீர் வழிந்துவிடாமல் இருக்கிறது (படம்: 88).



படம் 88. சர்க்கின் குறுக்குத் தோற்றம்.

சர்க்குகள் பள்ளத்தாக்குப் பனியாறு தொடங்குமிடத்தில் அமைந்துள்ளன. பனியாறுகள் மிகவும் நீளமாகத் தோன்ற முடியாத மலைச்சரிவுகளில் இவை தனித்தனியாகக் காணப் படுகின்றன.

சர்க்கின் தோற்றம், பெர்க்ஷ்ரண்டு கொள்கை

இக் கொள்கை ஜான்சன் (Johnson) என்பவரால் வெளியிடப் பட்டது. சூரிய ஒளியினுல் உறைபனிக் கோட்டிற்குமேல் பனி

உறைந்து உருகுதலும், பருப்பொருள் அசைதலும் தீவிரமாக உள்ளது. அப்போது மலைச்சரிவில் தலைச்சுவற்றுக்கும் பனியாற்றுக்கும், இடையில், பனிமணிகளுக்கும், பனிக்கட்டிக்கும் அடியில் பெர்க்ஷ்ரன்டு (bergshrund) என்கிற ஒரு பிளவு தோன்றுகிறது. இந்த பெர்க்ஷ்ரன்டு பிளவின் வழியே உருகியநீர் புகுந்து உறைகிறது. அப்போது அது விரிவடைந்து அடியிலுள்ள பாறைகளைத் தகர்க்கிறது. இவ்வாறு தகர்க்கப்பட்டு உதிரியான பாறைத் துகள்கள் இப்பிளவின் வழியே ஊர்ந்துசென்று அடியிலுள்ள பாறையையும் அதன் பக்கங்களையும் அரிப்பதால் சர்க் ஆழமாக்கப்படுவதோடு அதன் பக்கங்களும் செங்குத்தாக மாறுகின்றன. அதாவது பனியாற்றின் தலைப்பிலுள்ள பெர்க்ஷ்ரன்டு வழியே உருகிவரும் நீர் உறைந்து அங்கு ஏற்கனவே சிதைந்துள்ள பாறைத் துகள்களைப் பறித்தெடுப்பதால் சர்க்கின் தலைச் சுவர்கள் செங்குத்தாக மாறுகின்றன.

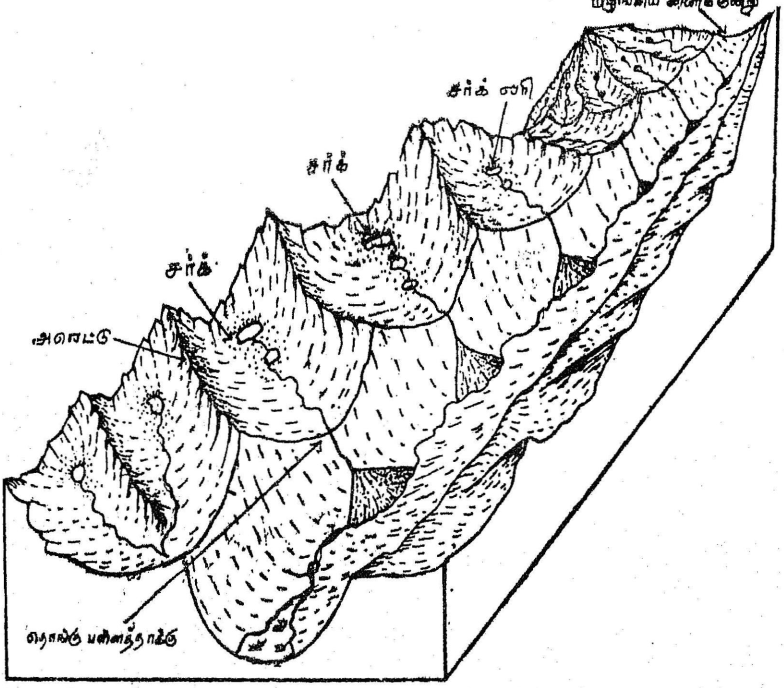
லூயிஸ் (Lewis) என்பவரும் ஜான்சனின் பெர்க்ஷ்ரன்டு கொள்கையை ஆதரித்து விளக்கம் தரும்போது சர்க் குழியின் அடிப்பாகம் பனிக்கட்டியின் உராய்வினாலும் சிற்றோடைகளின் அரிப்பினாலும் குடைந்தெடுக்கப்படுகிறது என்று கூறியுள்ளார்.

பனியாறுகள் தோன்றுவதற்கு முன்பாக பாறைகளில் இருந்த குழிகள் பனியாற்றின் அரிப்புச்செயலால் பெரியதாக்கப்பட்டு சர்க்குகளாக மாறியிருக்கின்றன என்பது ஒரு கருத்தாகும். பாறைப் பிளவுகளில் சென்று தங்கிய நீர் உறைபனிச் செய்கையாலும், நீர் உறைந்து உருகுவதாலும் பாறைகளைத் தகர்த்து விடுகின்றன. இவ்வாறு சர்க்குகளின் சுவர்கள் அரிக்கப்பட்டு பின்னடைகின்றன. இச் செய்முறைக்கு கீழ்க்குடைவு (basal sapping) என்று பெயர்.

சர்க்குகள் தனியாகவோ அல்லது குழுவாகவோ தோன்றுகின்றன. சில சமயங்களில் அருகருகே அமைந்துள்ள சர்க்குகள் இணைந்து ஒரு பெரிய குழி தோன்றுகிறது. பள்ளத்தாக்குப் பனியாறுகள் பல சர்க்குகளில் தொடங்குகின்றன. ஒரே பகுதியில் சர்க்குகள் பல்வேறு மட்டங்களில் காணப்பட்டால் அங்கு உறைபனிக்கோடு மாறியிருக்கிறது என்று பொருள்.

(4) **அரெட்டுகள்** (Aretes): இரு சர்க்குகள் அருகருகே அமையும்போதோ அல்லது எதிர் பக்கங்களில் அமையும்போதோ அவற்றின் பின் சுவர்களும் பக்க சுவர்களும் சிறிது சிறிதாக அரிக்கப்பட்டு ஒன்றையொன்று நெருங்கிவருகின்றன. அப்போது அச்சுவர்களுக்கு இடையிலிருக்கும் நிலம் குறுகி ஒரு நீண்ட குன்றுத்தொடராக காட்சியளிக்கிறது. இது கத்திமுனை அல்லது

வாளின் பற்களைப்போல கூரிய விளிம்புகளைக் கொண்டிருக்கும். இத்தகைய குன்றுத்தொடர் அரெட்டு (arete) எனப்படும். அரெட்டு என்பது ஒரு பிரஞ்சுப் பதமாகும். இதற்கு மீன்முள் (fish bone) அல்லது கூரிய முனை என்பது பொருளாகும். இரு சர்க்குகளின் தலைச்சுவர்கள் பின்னடையும்போது அவை தாழ்ந்து ஒரு கணவாய் (pass) தோன்றுகிறது. இது பொதுவாக மென் பாறைகளில் ஏற்படுகிறது. அரெட்டு பனிக்கட்டியால் மூடப் படாததால், உறைபனி செய்கையால் பாதிக்கப்பட்டு சிதை வடைந்து கரடுமுரடாக காட்சியளிக்கிறது (படம் 89). ஏரி



படம் 89. பள்ளத்தாக்கு பனியாற்றின் அரிப்பினால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்.

மாவட்டத்திலும் (Lake District) இமயமலையிலும் இத்தகைய அரெட்டுகள் உள்ளன.

(5) **ஹார்ன் (Horn) :** மலை உச்சியைச் சுற்றியுள்ள மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சர்க்குகள் தலைத்திசை அரிப்பினால் பின்னடையும்போது மலைச்சிகரம் ஒரு பிரமிடு வடிவத்தில் (Pyramidal peak) தோற்றமளிக்கிறது. இப் பிரமிடு வடிவ சிகரம்

ஹார்ன் எனப்படும். இதிலிருந்து அரெட்டுகள் எல்லாத்திசை களிலும் நீண்டுச் செல்கின்றன. இவை ஒவ்வொன்றும் சர்க்கு களால் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். பள்ளத்தாக்குப் பனியாறு நிறைந்த மலைப்பகுதிகளில் இத்தகைய ஹார்ன் சிகரம் காணப்படுகிறது. ஸ்விட்சர்லாந்திலுள்ள மேட்டர் ஹார்ன் (matterhorn) சிகரம் இதற்குச் சிறந்த உதாரணமாகும்.

சர்க்குகளின் அரிப்புச் சக்கர சுழற்சி

சர்க்குகளின் அரிப்புச் சக்கர சுழற்சியை விளக்கியவர் ஹாப்ஸ் (Hobbs) என்பவராவார். இவர் கருத்துப்படி தொடக்க நிலையில் பள்ளத்தாக்குகளின் தலைப்பகுதியில் பனி குவிந்து பனிக்களமாக மாறுகிறது. இங்கு உறைபனிச் செய்கையால் பாறைகள் சிதைவுற்று, பள்ளங்கள் தோன்றுகின்றன. மலைத்தொடரின் புறங்குவிந்த சரிவில் இங்குமங்கும் சர்க்குகளின் செங்குத்தான சரிவுகளைக் காணலாம். இது அரிப்புச் சக்கர சுழற்சியின் இளம் நிலையைக் குறிக்கும். அரிப்பு தொடர்ந்து நடைபெறுவதால் காலப்போக்கில் பெரிய சர்க்குகளும் அவற்றுக்கிடையே குறுகிய தொடர் குன்றுகளான அரெட்டுகளும், பிரமிடு சிகரங்களும் தோன்றுகின்றன. இத்தகைய நிலத்தோற்றங்களை செதுக்கப் பட்ட மேட்டு நிலம் (fretted up land) என்கிறோம். இது அரிப்புச் சக்கர சுழற்சியின் முதிர் நிலையைக் குறிக்கிறது. இதன் பின்பு அரெட்டுகள் மேலும் அரிக்கப்பட்டு அவற்றின் அகலமும் உயரமும் குறைந்து பின்பு சிதறிய சிறு குன்றுகளாகக் காட்சி தருகின்றன. முதுமை நிலையின் இறுதியில் இது சமநிலமாகிறது. இவற்றைப் பனியாற்றுப் பெனிப்பிளேன் என்கிறோம்.

(6) **பனியாற்று பள்ளத்தாக்கு (glaciated valley):** பனி யாறுகள், முன்னரே அமைந்துள்ள ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்குகளை ஆக்கிரமிப்பு செய்துக் கொள்வதால் அவற்றின் வடிவம் மாறு கிறது. ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கில் பனிக்கட்டி நிரம்பி நகர்ந்து செல்லும்போது அது பாறைகளை அரித்துச் செல்கிறது. அப்போது வளைவுகள் கொண்ட V வடிவ பள்ளத்தாக்கு, பக்கங் களிலும் படுகையிலும் அரிக்கப்பட்டு நேரான U வடிவ பள்ளத் தாக்காக மாறுகிறது. இது பனியாற்றுப் பள்ளத்தாக்கு (glaciated valley) அல்லது பனியாற்று நீண்ட பள்ளம் (glacial trough) எனப்படும். இதன் படுகை தட்டையாகவும், பக்கங்கள் செங்குத் தாகவும் காணப்படுகிறது. பனியாற்றுப் பள்ளத்தாக்குகள் பெரும்பாலும் அவற்றின் தலைத்திசையில், செங்குத்தான சுவர் களில் முற்று பெறுகின்றன. சர்க்குகள் இங்கு ஒன்றாக இணை வதால் இச்செங்குத்துச் சுவர்கள் தோன்றுகின்றன. பனியாறுகள்

இங்கு முற்று பெறுவதால் இவை பள்ளத்தாக்கு முனைகள் (trough ends) எனப்படும்.

(7) **மழுங்கிய கிளைக் குன்று** (truncated spur): பனிக்கட்டி உறுதியாகவும் கனமுள்ளதாகவும் இருப்பதால் அது ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கின் கூரிய வளைவுகளில் கடந்து செல்லும்போது பள்ளத்தாக்கின் பக்கங்களிலுள்ள கரடுமுரடான ஒழுங்கீனங்கள் அகற்றப்படுகின்றன. பள்ளத்தாக்கு வளைந்திருப்பினும், பனிக் கட்டி நேராக மட்டுமே செல்வதால் ஆற்று வளைவில் அமைந் திருக்கும் கிளைக் குன்றுகள் அரிக்கப்பட்டு மழுங்கி விடுகின்றன. இவை துண்டிக்கப்பட்ட அல்லது மழுங்கிய கிளைக் குன்று (truncated spur) எனப்படும். மழுங்கிய கிளைக் குன்றுகள் முக்கோண பக்கங்களைக் கொண்டுள்ளன.

(8) **சைக்ளோபியன் படிகள்** (cyclopian stairs): ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கின் நெடுக்குத் தோற்றம் உட்குழிந்த அமைப்பில் காணப்படுகிறது. இது சீராக இருப்பினும் சில இடங்களில் சிறு மேடு பள்ளங்கள் காணப்படுகின்றன. பனிக்கட்டியின் பறித் தெடுத்தலால் இப் பள்ளத்தாக்கின் நெடுக்குத் தோற்றத்தில் படிபோன்ற அமைப்பில் பள்ளங்கள் ஏற்படுகின்றன. இவை சைக்ளோபியன் படிகள் எனப்படும். சில சமயம் இவற்றை பெஞ்சுகள் (benches) என்றும், பள்ளத்தாக்குப் படிகள் (valley steps) என்றும் கூறுவதுண்டு. இப் படிகள், தோன்றுவதற்கு கடினப் பாறையடுக்கு, விரிசல்கள், புத்துயிர்ப்பு முனை (rejuvenation head), பனியாற்றின் துரித அரிப்பு ஆகியவை முக்கிய காரணங்களாகும்.

(9) **தொங்கு பள்ளத்தாக்கு** (hanging valley): பனிக்கட்டி யினால் மூடப்படுவதற்கு முன்பாக துணை ஆறு முக்கிய ஆற்றுடன் பொதுவாக ஒரு சீரான (accordant) மட்டத்தில் சந்திக்கிறது. பனிக்கட்டியினால் மூடப்பட்ட பின்பு முக்கிய பள்ளத்தாக்கிலுள்ள பனிக்கட்டி தடிப்பாகவும், தீவிர அரிப்புத் தன்மையும் கொண் டிருப்பதால் அது பள்ளத்தாக்கை வேகமாக அரித்து ஆழப் படுத்துகிறது. ஆனால் அதனுடன் சந்திக்கும் துணைப் பள்ளத் தாக்கில் பனிக்கட்டி, மெல்லிய அடுக்காகவும், குறைவான அரிப்புத் தன்மையும் கொண்டிருப்பதால் அது பள்ளத்தாக்கை அந்த அளவுக்கு ஆழப்படுத்துவதில்லை. பிறகு பனிக்கட்டி உருகி மறையும்போது துணைப் பள்ளத்தாக்கும் முக்கிய பள்ளத்தாக்கும் ஒழுங்கற்ற மட்டத்தில் (discordant) காணப்படுகின்றன. அதாவது இவ்விரு பள்ளத்தாக்குகளும் சந்திக்குமிடத்தில் துணைப் பள்ளத்தாக்கு முக்கிய பள்ளத்தாக்கிற்கு சற்று உயரத்தில் அமைந்

திருக்கிறது. இது தொங்கு பள்ளத்தாக்கு (hanging valley) எனப்படும். இதிலிருந்து முக்கிய பனியாற்றுப் பள்ளத்தாக்கில் நீர் பாயும்போது நீர் வீழ்ச்சி தோன்றுகிறது.

(10) விரல் வடிவ ஏரிகள் : பனியாறு தோன்றுவதற்கு முன்பு பள்ளத்தாக்குகள் பனிக்கட்டி நகரும் திசைக்கு இணையாக இருப்பின் அவற்றில் பனிக்கட்டியின் அரிப்பு மிகுதியாக ஏற்படு கிறது. பள்ளத்தாக்குகளில் பனிக்கட்டியின் கன அளவு சுற்றுப் புறத்தைவிட அதிகமாக இருப்பதாலும், பனிக்கட்டி இவற்றில் நகருவதற்கு யாதொரு தடையும் இல்லையாதலாலும் இங்கு அரிப்பு மிகுதியாக உள்ளது. எனவே இத்தகைய பள்ளத்தாக்கு கள் அதிக ஆழம் கொண்டவையாக விளங்குகின்றன. இப் பள்ளத்தாக்குகளில் நீர் நிரம்புவதால் ஏரிகள் தோன்றுகின்றன. இவை பள்ளத்தாக்கின் அமைப்பிலேயே நீண்டு இருப்பதால் இவற்றிற்கு விரல் வடிவ ஏரிகள் (Finger lakes) என்று பெயர். நியூயார்க்கிலுள்ள விரல் வடிவ ஏரிகள் இதற்கு சிறந்த உதாரண மாகும். இவ்வேரிகள் வடதென் திசையில் அமைந்துள்ளன. இவை பிளீஸ்டோசீன் பனிவிரிப்பினால் பலமுறை மூடப்பட்டு பின்பு தோன்றியுள்ளன. இவற்றில் செனிகா (Seneca) கயூகா (cayuga) ஆகியவை மிகப் பெரிய ஏரிகளாகும். இவை சுமார் 64 கி.மீ. நீளமும் 180 மீ. ஆழமும் கொண்டு கடல் மட்டத்தை விட சுமார் 55 மீ. தாழ்ந்து காணப்படுகின்றன. இதைத் தவிர வட ஐரோப்பாவிலும், கனடாவிலும் இத்தகைய ஏரிகள் நிறைய காணப்படுகின்றன.

(11) ஃபியர்டு குடாக்கள் (Fiords): கடற்கரைக்கு அருகிலுள்ள Uவடிவ பனியாற்றுப் பள்ளத்தாக்குகள் கடலில் அமிழும்போது அவற்றின் வழியே கடல்நீர் உட்புகுவதால் கடற்கரையில் குடாக்கள் தோன்றுகின்றன. இத்தகைய குடாக்கள் அமைந்த கடற்கரை ஒரு நேர்கோட்டில் அமையாமல் வளைந்துவளைந்து காணப்படுகிறது. இது ஃபியர்டு குடா எனப்படும். ஃபியர்டு குடாவில் பனியாற்று நீண்ட பள்ளங்களின் முகப்பில் படிந்த படிவுகள் தீவுபோன்று காட்சியளிக்கும். இத்தகைய ஃபியர்டு குடாக்கள் நார்வே, கிரீன்லாந்து, லாப்ரடார், அலாஸ்கா, பிரிட்டிஷ் கொலம்பியா, தெற்கு சிலி, தெற்கு ஐஸ்லாந்து ஆகிய கடற்கரைகளில் காணப்படுகின்றன. ஃபியர்டுகளின் பக்கச்சுவர் செங்குத்தாகவும், கடற்பகுதி ஆழமாகவும் இருக்கிறது. ஃபியர்டின் முகப்பில் படிவுகள் இருப்பதால் கடலின் கொந்தளிப்பு குறைகிறது. ஆகவே, ஃபியர்டுகள் கப்பல் தங்கப் பாதுகாப்பாக உள்ளன.

(12) குத்துப்பாறையும் வால்நீண்ட பகுதியும் (crag and tail): குத்துப்பாறையும், வால்நீண்ட பகுதியும் பனியாற்றின் அரிப்பினாலும் படிதலினாலும் தோன்றுகின்றன. இவை பொதுவாக பனியாற்றுப் பாதையின் குறுக்கே தடையாக அமைந்துள்ள பெரிய பாறைகள் அரிக்கப்படுவதால் தோன்றுகின்றன. பனியாறு நகரும்போது மேற்கூறிய தடையின் மீதும் அதன் பக்கங்களிலும் ஊர்ந்து செல்லுகிறது. பனியாறு பாறையின் மீது ஊர்ந்து செல்லும்போது அதன் ஏறு முகத்தில் அரிப்பு ஏற்படுவதால் அது கரடு முரடாகவும், வரிப் பள்ளங்களைக் கொண்டதாகவும் சரிவு மிகுந்ததாகவும் காணப்படுகிறது. இங்கு அரிக்கப்பட்டு உதிரியான பொருள்கள் பாறையின் மறுபக்கத்திற்கு (இறங்கு முகத்திற்கு) கடத்தப்படுகின்றன. இங்கு இப் பொருட்கள் மென் படிவுகளாகப் படிகின்றன. இவை பனிக்கட்டியினால் இங்கிருந்து கடத்தப்படுவதில்லை. எனவே, இப்படிவுகள் நீண்ட வால் போன்ற அமைப்பில் காணப்படுகின்றன. எனவே, பனியாற்றின் திசையில் (ஏறு முகத்தில்) பாறை குத்துச் சரிவையும், மறுபக்கத்தில் (இறங்கு முகத்தில்) மென்சரிவையும் கொண்டுள்ளது. குத்துச் சரிவிலிருந்து உதிரியான பொருட்கள் கடத்தப்படுவதால் வால் நீண்ட பகுதியிலிருந்து படிவுகள் கடத்தப்படாமல் பாதுகாக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய குத்துப் பாறையும் வால் நீண்ட பகுதியும் (crag and tail) எடின்பர்க் அருகில் காணப்படுகின்றன.

ராஷே மவுடானி மிகப் பெரிய அளவில் அமையும்போது இதன் ஒரு பக்கத்தில் குத்துப் பாறையும், மறுபக்கத்தில் நீண்ட மென் சரிவும் காணப்படுகிறது.

பனியாற்றுப் படிவினால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்

பனியாற்றின் அரிப்புச் செய்கையையும், கடத்தல் செய்கையையும் அது கொண்டுவரும் படிவுகளிலிருந்து உணரலாம். பனியாறு, மிதக்கும் பனிக்கட்டி, உருகிய நீர் ஆகியவற்றால் கடத்தப்பட்டு படிகிற எல்லாப் பாறைப் பொருள்களுக்கும் பனியாற்றுப் படிவு (glacial drift) என்பது பெயர். பனி உருகி மறையும்போது இவை தரையில் படிகின்றன.

பனியாற்றுப் படிவுகளை அடுக்கமைப்பு கொண்டவை (stratified drift), அடுக்கமைப்பு அற்றவை (non stratified drift) என இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

அடுக்கமைப்பு கொண்ட பனியாற்றுப் படிவுகள் பனி உருகிய நீரினாலும், காற்றினாலும் கடத்தப்பட்டு படிவதால் இவற்றின்

துகள்கள் ஒழுங்காக பகுக்கப்படுகின்றன. பனி உருகிய நீரினுல் கடத்தப்பட்டு படிகிற மணல், கூழாங்கற்கள் ஆகியவை அடுக்கமைப்பு கொண்டுள்ளன. இவை பனியாற்று உருகுநீர் படிவுகள் (glacio-fluvial sediments) எனப்படும். இவற்றில் பெருங் கூழாங்கற்கள் சரளைக்கல் (cobbles) ஆகியவை பனிக்கட்டியின் முகப்பிலும் மணல், வண்டல் ஆகிய நுண்ணிய படிவுகள் அதற்கு அப்பாலும் படிகின்றன. பனியாற்று உருகுநீர் கடத்தும் பொருள்கள் பனியாற்றின் எல்லையின் கீழ்ச்சரிவில் தட்டையாகப் படிகின்றன. பள்ளத்தாக்கினுள் காணப்படும் உருகுநீர் படிவு களுக்கு பள்ளத்தாக்குப் படிவுத் தொடர் (valley train) என்று பெயர்.

பனியாற்று ஏரிகளில் காணப்படும் படிவுகளில் களி மண்ணும் வண்டலும் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. இவை பனியாற்று ஏரிப்படிவுகள் (glacio lacustrine deposits) எனப்படும். இவை ஆண்டுதோறும் படிந்து பல அடுக்குகளாகத் தோன்றும், இவற்றிற்கு வார்வுகள் (varves) என்று பெயர். கோடையில் பனி உருகி அதனுல் கடத்தப்படும் பொருள்கள் பனியாற்று ஏரிகளில் படிகின்றன. பின்பு குளிர் காலத்தில் ஏரி உறையும்போது நுண்ணிய படிவுகள் அடிப்பாகத்தில் படிகின்றன. எனவே, ஏரியில் பெருந்துகள் படிவு கீழேயும், நுண் துகள் படிவு மேலேயும் மாறி மாறி காணப்படுகிறது.

பனியாற்றுப் படிவுகளின் வழியே காற்று வீசும்போது அது அங்கிருந்து வண்டலைக் கடத்திச்சென்று படிவிக்கிறது. இப்படிவு பனியாற்று காற்றடி வண்டல் படிவு (glacio-eobian deposit) எனப்படும்.

அடுக்கமைப்பு அற்ற படிவில் துகள்கள் நீரின் உதவியில்லாமல் பனியாற்றிலிருந்து நேரிடையாகப் படிவதால் இதில் தெளிவான அடுக்குகள் காணப்படுவதில்லை. இதில் பாறைத் துகள்கள் சரிவர பகுக்கப்படாமல் உள்ளன.

அடுக்கமைப்பற்ற பனியாற்றுப் படிவுக்கு சிறந்த உதாரணம் பாறைக் களிமண் (boulder clay or till) ஆகும். இது அடுக்கமைப் பற்ற, பாறைப் பொருள்களின் கலவையாகும். இதில் நுண்ணிய களிமண்ணிலிருந்து பெரிய பாறைகள் வரை கலந்து காணப் படுகின்றன. இது நீரின் செய்கையோடு தொடர்பில்லாமல் பனியாற்றிலிருந்து நேரிடையாகப் படிவதாகும். இது சில சமயங்களில் பனியாற்றின் அடியில் தோன்றி அடியிலுள்ள நிலத்திலேயே படிவதுண்டு. இவ்வாறு படிந்ததை பனியடி பாறைக் களிமண் (lodgement till) என்கிறோம். பனிக்கட்டியின்

மேற்பரப்பிலும் உள்ளேயும் பதிந்திருக்கும் பாறைத் துகள்கள் பனிக்கட்டி அழியும்போது நிலத்தில் படிகின்றன. இப் படிவு களுக்கு பனி அழிவுப் பாறைக் களிமண் (ablation till) என்பது பெயர். பனியடிப் பாறைக் களிமண் பனிக்கட்டியினால் அமுக்கப் படுவதால் அது பனி அழிவு பாறைக் களிமண்ணைவிட கெட்டி யாக உள்ளது.

பாறைக் களிமண் சிலவற்றில் முட்டை வடிவ கூழாங்கற்கள் கலந்து காணப்படுகின்றன. இவற்றின் நீள் அச்சு பொதுவாக பனியாறு நகரும் திசைக்கு இணையாகக் காணப்படுகிறது. சில செங்கோண திசையிலும் காணப்படுகின்றன. ஆனால் பனி அழிவு பாறைக் களிமண்ணில் இக் கூழாங்கற்கள் பனிக்கட்டியிலிருந்து படியாததால் அவை மிகவும் ஒழுங்கீனமாகப் படிந்துள்ளன.

பாறைக் களிமண்ணிலுள்ள கூழாங்கற்கள் தட்டையாகவும் வரிப்பள்ளங்களைக் கொண்டும், மழமழப்பாகவும் காணப் படுகின்றன. ஆனால் ஆற்றினால் கடத்தப்பட்டு படிகிற கூழாங் கற்கள் உருண்டையாகவும், சீராகவும் உள்ளன. பாறைக் களிமண்ணிலுள்ள படிவுகளிலிருந்து பனியாறு எந்தெந்த இடங்களைக் கடந்து வந்துள்ளது என்பதை அறியலாம்.

கடல் நீரில் மிதந்துவரும் பனிக்கட்டிகள் கூழாங்கற்களையும், களிமண்ணையும், மணலையும் படிவிக்கின்றன. இப் படிவுகள் பனியாற்றுக் கடற்படிவுகள் (glaciomarine drift) எனப்படும். இவை பாறைக் களிமண்ணை ஒத்திருந்தாலும் அதைப்போல் நெருக்கமுடையதாக இல்லை. இவற்றில் பொதுவாக கடற் கிளிஞ்சல்கள் (shells) கலந்து காணப்படுகின்றன.

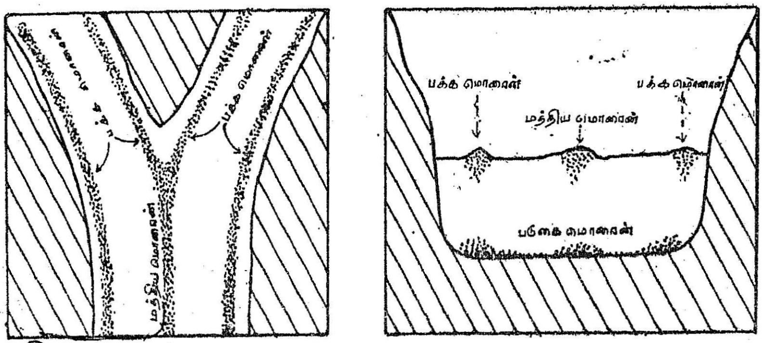
பனியாறு உருகி மறையும்போது அதிலிருந்து படிந்த பாறைக் களிமண் படிவு பல்வேறு நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குகிறது. அவற்றில் முக்கியமானவை மொரைன் (moraine) டிரம்லின் (Drumlin), எஸ்கர் (Esker), கேம்ஸ் (Kames) ஆகியவையாகும்.

மொரைன்

மொரைன் என்பது பனிக்கட்டியிலிருந்து நேரிடையாகப் படிகிற பாறைக் களிமண் படிவாகும். இது தரையில் பரவ லாகவோ அல்லது நீண்ட குன்றுகளாகவோ காணப்படுகிறது. கால நிலை மாற்றத்தால் பனியாறு உருகும்போது இப் படிவுகள் ஆங்காங்கே படியத் தொடங்குகின்றன. இவற்றில் சில, பனிக் கட்டியின் விளிம்பு உருகிப் பின்னடையும்போது அங்கே படிவ துண்டு (படம் : 90).

மொரைன்களை அவற்றின் அமைவிடத்தைப் பொருத்து நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

(1) பக்க மொரைன் (Lateral moraine)
(2) மத்திய மொரைன் (Medial moraine)
(3) படுகை மொரைன் (Ground moraine)
(4) விளிம்பு மொரைன் (End moraine)



அ. ஆ.

படம் 90. மொரைன்கள்:
(அ) மேல் தோற்றம் (ஆ) குறுக்குத் தோற்றம்

பக்க மொரைன்

பனியாற்றுப் பள்ளத்தாக்கின் பக்கங்களை பனிக்கட்டி அரிப்பதால் தோன்றும் பாறைத் துகள்கள், பள்ளத்தாக்கின் சரிவுகளிலிருந்து பனி வீழ்ச்சியாலும், பாறை வீழ்ச்சியாலும் கடத்தப்படுகிற பாறைப் பொருட்கள் ஆகியவை பனியாற்றின் இரு ஓரங்களிலும் படிகின்றன. இவ்வாறு பனியாற்றின் இரு பக்கங்களிலும் பாறைப் பொருள்கள் படிவதால் தோன்றும் நீண்ட குன்றுகள் பக்க மொரைன்கள் எனப்படும். இவற்றில் பல்வேறு பாறைத் துகள்கள் கலந்திருப்பதால் இவை அடர் நிறத்தில் காட்சி தருகின்றன.

மத்திய மொரைன்

இரு பனியாறுகள் சேருமிடத்தில் அவற்றின் பக்க மொரைன்கள் ஒன்று சேர்ந்து, ஒன்றாக இணைந்த பனியாற்றின் மத்தியில் படிகின்றன. இப்படிவுகள் மத்திய மொரைன்கள் எனப்படும்.

துணைப் பள்ளத்தாக்குகள் சந்திக்குமிடத்தில் அவை ஒவ்வொன்றின் பக்க மொரைன்களும் ஒன்று சேர்ந்து சற்று

தொலேவில் மத்திய மொரைன்களாகப் படிகின்றன. இவ்வாறு ஒவ்வொரு சந்திப்பிலும் மத்திய மொரைன்கள் காணப்படுகின்றன. இவை நீண்ட குன்றுகளாகவும், அடர்ந்த நிறத்திலும் காட்சி தருகின்றன.

பள்ளத்தாக்கின் படுகை மையத்தைவிட்டு சற்றுத்தள்ளி ஓரமாக அமையும் மத்திய மொரைன்கள் ஓடைகளின் அரிப்புக்கு எட்டாத உயரத்தில் இருப்பதால் அவை கூரிய உச்சி கொண்ட நீண்ட குன்றுகளாக விளங்குகின்றன.

தற்போதைய பனியாறுகளில் மத்திய மொரைன்கள் காணப்படினும் அவை நிரந்தர நிலத்தோற்றங்களாக இருப்பதில்லே. ஏனெனில் பனி உருகித் தோன்றும் ஆறுகள் அவற்றை அரித்து அகற்றிவிடுகின்றன.

படுகை மொரைன்

பனியாற்றுப் பிளவுகளில் விழும் மொரைன்கள் பனியாற்றின் அடிப்பாகத்தில் படிந்து பனியாற்றின் அரிப்புக்கு உதவுகின்றன. பனியாறு நகரும்போது இவை படுகையை உராய்ந்து அரிக்கின்றன. பனிக்கட்டி உருகும்போது இவை பள்ளத்தாக்கின் படுகையில் படிகின்றன. இவ்வாறு படுகையில் படியும் இம் மொரைன்கள் படுகை மொரைன்கள் எனப்படும்.

பனி விரிப்பு (Ice Sheet) அதன் விளிம்பிலிருந்து உருகிச் செல்லும்போது அதன் படுகை மொரைன்கள் ஒரு பெரிய பரப்பில் படிந்து காணப்படுகின்றன. இவை ஒரு பெரிய நிலப் பரப்பை மூடிக்கொண்டிருக்கும். பனியாறு முழுவதும் உருகி மறைந்த பிறகு படுகை மொரைனில் லேசான மேடு பள்ளங்கள் காணப்படுகின்றன. படுகை மொரைனில் ஆங்காங்கே பாறைக் களிமண் மெல்லிய இழைகளாகப் படிந்து காணப்படுகிறது.

விளிம்பு மொரைன்

வெப்பம் மிகுந்த பகுதியில் பனியாறு கடலே அடையும் முன்பே உருகுவதால் அது சுமந்து வரும் மொரைன்கள் பனி உருகும் எல்லேயிலேயே படிகின்றன. இவ்வாறு பனி அழியும் பகுதியில் படியும் இப் படிவுகள் விளிம்பு மொரைன்கள் (End moraine or terminal moraine) எனப்படும்.

இவை குவியல் போன்ற மலேத் தொடர்களாகக் காட்சி தருகின்றன. சில இடங்களில் இவை சிறு மேடுகளாகவும், சில இடங்களில் சில நூறு அடி உயரம் கொண்ட நீண்ட குன்று

களாகவும் தோற்றமளிக்கின்றன. விளிம்பு மொரைன் பனியாற்று முன்னேற்றத்தின் எல்லையைக் குறிக்கிறது.

பனியாறு மேல் சரிவிலிருந்து கீழ்ச் சரிவை நோக்கி நகருவதால் அவற்றில் பாறைத் துகள்கள் தொடர்ச்சியாகக் கடத்தப்பட்டு பனிக்கட்டியின் விளிம்பில் படிகின்றன. விளிம்பு மொரைன் பொதுவாக பிறைச்சந்திர வடிவத்தில் காணப்படுகிறது. அதன் புறம் குவிந்த பக்கம் கீழ்ச் சரிவை நோக்கியும் உட் குழிந்தபக்கம் மேல் சரிவை நோக்கியும் உள்ளது.

பனி ஆறு முன்னேறும் வேகமும், உருகும் வேகமும் சமநிலையில் இருக்கும்போது பனி ஆற்றின் முகப்பு ஏறத்தாழ யாதொரு மாற்றமும் அடையாமல் இருக்கிறது. எனவே பனி ஆற்றின் விளிம்பில் (முகப்பில்) மொரைன்கள் குவிந்து விளிம்பு மொரைன்கள் தோன்றுகின்றன. மேற்கூறிய சமநிலை காணப்படுகிற வரை மொரைன்கள் குவிந்து கொண்டே வருவதால் விளிம்பு மொரைன் மிகப் பெரியதாகக் காட்சி தருகிறது. இச் சமநிலை மாறும்போது பனியாற்று விளிம்பு முன்னேறத் தொடங்குகிறது. அப்போது விளிம்பு மொரைன் அழியத் தொடங்குகிறது. பனி உருகிப் பனியாறு பின்னடையும்போது மொரைன்களின் வளர்ச்சி நின்று போகிறது. இவ்வாறு பின்னடையும் பனியாறு சில சமயம் மீண்டும் சமநிலையை அடைவதுண்டு. அப்போது மேல் சரிவில் மற்றொரு விளிம்பு மொரைன் தோன்றுகிறது. இது பின்னடையும் மொரைன் (Recessional moraine) எனப்படும்.

பள்ளத்தாக்குகளின் குறுக்கே மொரைன்கள் படியும்போது நீரோட்டத்தை அவை தடை செய்வதால் அங்கு ஏரிகள் தோன்றும். இவை மொரைன் ஏரிகள் (morainal lakes) எனப் படும்.

இமயமலையிலுள்ள பனியாறுகள் பிளைஸ்டோசீன் பனிக் காலத்தில் இப்போதைக்கிருக்கும் மட்டத்தைவிட மிகவும் தாழ்ந்த மட்டத்தில் காணப்பட்டன. சிக்கிம் பகுதியில் சுமார் 2550 மீ. உயரத்தில் விளிம்பு மொரைன்கள் காணப்படுகின்றன. கார்வால்-இமயமலைப் பகுதியில் பத்ரிநாத், கங்கோத்ரி ஆகிய இடங்களில் சுமார் 3000 மீ. உயரத்தில் மொரைன்கள் காணப் படுகின்றன.

பொருந்தாப் பாறைகள் (திரியும் பாறைகள்)

பனியாறு கடத்திவரும் பாறைகள் பெரும்பாலும் சுற்றுப் புறத்திலிருந்து வந்தவைகளாகவே இருக்கும். ஆனால் சில சமயங்

களில் வெகு தூரத்திலிருந்தும் அவை கடத்தப்பட்டு வருவதுண்டு. அவ்வாறு கடத்தப்பட்டு படியும் பாறைகள் சுற்றுப்புற பாறைகளின் பண்புகளிலிருந்து வேறுபட்டு அமையும். இப் பாறைகளைப் பொருந்தாப் பாறைகள் (erratic rocks) அல்லது திரியும் பாறைகள் (wandering stones) என்கிறோம். பொருந்தாப் பாறை என்பது அது வந்து சேர்ந்த இடத்துப் பாறையின் பண்புக்கு பொருந்தாதது என்று பொருளாகும். உதாரணமாக வட அமெரிக்காவில் கென்டக்கி (Kentucky) யில் காணப்படும் சிவப்பு ஜாஸ்பர் (Red jasper) பாறைகள் பொருந்தாப் பாறைகளாகும். ஏனெனில் அவை சுமார் 960 கி.மீ. ஆரத்திற்கு சுற்றுப்புறத்தில் எங்கும் காணப்படவில்லை. அவை வெகு தூரத்தில் சுப்பீரியர் ஏரிக்கு வடக்கில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. பஞ்சாபிலுள்ள அட்டாக் (Attock) மாவட்டத்தில் பல பெரிய பாறைகள் உள்ளன. இவை சுமார் 12–15 மீ. கனமுள்ளதாகவும், வரிப் பள்ளங்களைக் கொண்டதாகவும் உள்ளன. இவை சரளைக்கல், வண்டல் ஆகிய படிவுகளின் இடையில் காணப்படுவதால் இவற்றைப் பொருந்தாப் பாறைகள் எனலாம். பொருந்தாப் பாறைகள் பனியாற்றினால் கடத்தப்படுவதால் அவை சார்ந்த பகுதியைத் தெரிந்து கொண்டால் பனியாற்றின் நகர்வு திசையைக் கண்டு கொள்ளலாம்.

வார்வுகள் (varves) அல்லது பட்டைப் படிவுகள்

பனியாற்றின் செய்கையால் தோன்றும் ஏரிகளில் ஒழுங்கான அடுக்கமைப்பு கொண்ட பனியாற்றுப் படிவுகள் காணப்படுகின்றன. இவை பனியாற்று பட்டைப் படிவுகள் எனப்படும். இவற்றில் மிக நுண்ணிய களிமண் படிவுகள் இரு அடுக்குகளாகக் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் ஒன்று வெளிறின நிறத்தில் பெருந்துகள்களைக் கொண்டதாகவும், மற்றொன்று அடர் நிறத்தில் நுண்ணிய துகள்களைக் கொண்டதாகவும் காணப்படுகின்றன. இவை இரண்டுமே ஒரே ஆண்டில் ஏற்படுபவை. வெளிறின அடுக்கு கோடையிலும், அடர்நிற அடுக்கு குளிர் காலத்திலும் ஏற்படுகின்றன. கோடையில் பனி உருகுவதால் பெருந்துகள்கள் நீரினால் கடத்தப்பட்டு படிகின்றன. நுண்துகள்கள் தொங்கு நிலையில் இருப்பதால் அவை அங்கு படிவதில்லை. குளிர் காலத்தில் ஏரியிலுள்ள நீர் உறைவதால் நீரோட்டம் நின்று போகிறது. அப்போது நுண்ணிய துகள்கள் மெல்லிய அடுக்குகளாக அடியில் படிகின்றன. ஏரிப் படிவுகள் சில மில்லி மீட்டர் தடிப்பு மட்டுமே கொண்டிருக்கின்றன.

டிரம்லின்கள் (Drumlins)

டிரம்லின்கள் என்பன சீரான, நீள் வட்டக் குன்றுகளாகும். இவை பாதியாக வெட்டிக் கவிழ்த்த முட்டைகள் போன்று காட்சியளிக்கும். சமசீரற்ற அமைப்பு கொண்ட இவை சில இடங்களில் கவிழ்ந்த படகு போன்றும் தோற்றமளிக்கும். இவற்றின் அகன்ற பக்கம் பனிக்கட்டி நகர்ந்து வந்த திசையை நோக்கியிருக்கிறது. உயரத்திலும் நீளத்திலும் இவை ஒன்றுக்கொன்று மாறுபடுகின்றன. இவை நீளத்தில் சில கஜம் முதல் ஒரு மைல்வரை வேறுபடுகின்றன. இவை சுமார் 60 மீ. வரை உயரமும் 400 மீ. அகலமும் கொண்டிருக்கும் இவை பொதுவாக குழுக்களாகவே காணப்படுவதால் இவை அமைந்துள்ள பகுதியில் நிலத்தோற்றம் முட்டைகள் நிறைந்த ஒரு கூடையைப் போல் (basket of eggs) தோற்றமளிக்கும். சில டிரம்லின்களின் மையத்தில் பாறைகள் காணப்பட்டாலும் இவை பெரும்பாலும் களிமண்ணுல் ஆனவையே. டிரம்லின்களின் தோற்றத்தைப் பற்றி தெளிவான கருத்து இன்னும் வெளியிடப்படவில்லை. இருப்பினும் தற்போது கிடைத்துள்ள விவரத்தின்படி பனி விரிப்பில் பாறைக் களிமண் மிகுதியாக இருக்கும்போது அதன் ஒரு பகுதி பனிக்கட்டியின் அடியில் படிவதால் டிரம்லின்கள் தோன்றியிருக்கக் கூடுமெனக் கருதப்படுகிறது. பனிக்கட்டியின் வேகம் குறையும்போது படிதல் ஏற்படுகிறது. டிரம்லின்கள் ஸ்காட்லாந்திலுள்ள மிட்லண்ட் பள்ளத்தாக்கிலும், வடக்கு அயர்லாந்திலும், அமெரிக்காவிலுள்ள நியூ இங்கிலாந்திலும், விஸ்கான்சைன் (Wisconsin) பகுதியிலும் காணப்படுகின்றன.

டிரம்லின்கள் படுகை மொரைன் உள்ள பகுதியில் பொதுவாகக் காணப்படுகிறது. கவிழ்த்துவைக்கப்பட்ட தேக்கரண்டியின் அமைப்பிலுள்ள இவற்றின் நீண்ட அச்சு பனியாற்றின் நகரும் திசைக்கு இணையாகக் காணப்படுகிறது. டிரம்லின்கள் இழைவரி (streamline) அமைப்பு கொண்டுள்ளன. இவற்றின் ஏறுமுகம் இறங்கு முகத்தைவிடச் செங்குத்தாக இருக்கிறது.

டிரம்லின்களில் காணப்படும் இழைவரி அமைப்பும் நீண்ட அச்சுக்களின் இணையான அமைப்பும் பனியாற்றுச் செய்கையால் ஏற்பட்டது என்பது புலனுகிறது.

டிரம்லின்கள் படிவுகளால் தோன்றியவையா அல்லது அரிப்பினுல் தோன்றியவையா என்ற கேள்வி நீண்ட நாட்களாகவே இருந்து வருகிறது. ரஸல் (Russell) போன்றவர்கள் இவை படிவுகளால் தோன்றுவதாகக் கருதுகிருர்கள். இக் கருத்தின்படி

பனியாற்றுப் படிவுகள் பனிக்கட்டியின் அடிப்பாகத்தில் அடுக்கு களாகப் படிவதால் டிரம்லின்கள் தோன்றுகின்றன. இவர் கருத்துப்படி பனியாற்றின் அடியில் பாறைப் பொருட்கள் சேரச் சேர அது நகரும் வேகம் குறைகிறது. அப்போது பனிக்கட்டி அவற்றின் மீது கடந்து செல்கிறது. இதன் விளைவாக கீழே உள்ள பாறைப் பொருள்கள் நெருக்கப்பட்டு டிரம்லின் அமைப்பைப் பெறுகின்றன. சில டிரம்லின்களின் மையப் பகுதியில் பாறைகள் காணப்படுவதால் அவை பனியாற்றுப் படிவுகளைத் தடுத்து படியச் செய்கின்றன. எனவே அங்கு டிரம்லின்கள் தோன்றுகின்றன.

டிரம்லின்கள் அரிப்பினுல் தோன்றுகின்றன என்ற கருத்தை ஆதரிப்பவர்கள் பனிக்கட்டி வேகமாக நகரும் போது முன்பே படிந்துள்ள பனியாற்றுப்படிவு அல்லது பாறையை அது அரிப்பதால் டிரம்லின் தோன்றுவதாகக் கருதுகின்றனர்.

மேற்கூறிய இரு கருத்துக்களுக்கும் புவியில் சான்றுகள் உள்ளன. சில பகுதிகளில் அரிப்பினுல் தோன்றிய டிரம்லின் களும், பாறைக்களிமண்ணின் படிதலினுல் தோன்றிய டிரம்லின் களும் ஒன்ருகக் காணப்படுகின்றன. எனவே அரிப்பு, படிதல் ஆகிய இரு செய்முறைகளாலும் டிரம்லின்கள் தோன்றுகின்றன என்பது புலனுகிறது.

எஸ்கர்கள் (Eskers)

எஸ்கர் என்பது பனியாறு கடத்திய மணல், சரளைக்கல் ஆகியவை படிந்து தோன்றும் நீண்ட குன்ருகும். இது ஆங்கங்கே வளைந்து செல்லுகிறது. டிரம்லின்களைக் காட்டிலும் எஸ்கர்களில் படிவுப்பொருள்கள் நன்கு பகுக்கப்பட்டு அடுக்கமைப்பு கொண் டுள்ளன. நிலம் எத்தகைய அமைப்பு கொண்டிருந்தாலும் இவை தொடர்ச்சியாக நீண்டு காணப்படுகின்றன. ஸ்வீடன், பின்லாந்து ஆகிய பகுதிகளில் அசார்(Asar) என்று அழைக்கப்படும். இவை பனிக்கட்டியின் முகப்பிற்கு செங்கோண திசையில் அமைந் துள்ளன. எஸ்கர்கள் சுமார் 2 கி.மீ. முதல் 160 கி.மீ. வரை நீளம் கொண்டுள்ளன. ஆனுல், இவை மிகவும் குறுகலானவை யாகும். இவற்றின் அகலம் சில அடிகள் முதல் 20 மீ. வரைதான் இருக்கும்.

எஸ்கர்கள் வளைந்து காணப்படுவதற்கு பனி உருகு நீரினுல் ஏற்பட்ட படிவுகள் ஒரு காரணமாகக் கருதப்படுகிறது. ஏஸ்கர்கள் இரு வழிகளில் தோன்றுவதாகக் கருதப்படுகிறது.

பனிக்கட்டியின் அடிப்பாகத்தில் சுரங்கப் பாதையை அமைத்துக் கொண்டு பாயும் ஓடைகள் மணலையும், சரளைக் கற்களையும் கடத்திக் கொண்டுச் செல்வதால் பனிக்கட்டி உருகும் போது இப் படிவுகள் சுரங்கப் பாதையின் அடியில் நீளமாகப் படிகின்றன. இதைத் தவிர, மற்றொரு வழியிலும் எஸ்கர்கள் தோன்றுவதாகக் கருதப்படுகிறது. பனிக்கட்டியின் முகப்பில் உருகு நீரால் கடத்தப்பட்டு படிகிறபொருள்கள் படிக்கட்டி உருகிப் பின்னடையும்போது அதனுடனேயே படிப்படியாக பின்னோக்கி நீளமாகப் படிந்து செல்கின்றன. இவ்வாறு நீளமாகப் படியும் படிவுகளே எஸ்கர்களாகும். பனிக்கட்டி தற்காலிகமாக அசைவற்று இருக்கும் போது அதனடியில் படிவுகள் அதிகமாக சேர்ந்து விடுவதால் எஸ்கர்கள் அப்பகுதிகளில் அகன்று காணப்படும்.

கேம்ஸ் (Kames)

கேம்ஸ் என்பன தாழ்வான செங்குத்து சரிவு கொண்ட குன்றுகளாகும். ஒழுங்கற்ற அமைப்பிலிருக்கும் இக் குன்றுகளின் நீள் அச்சு பனிக்கட்டி நகரும் திசைக்கு செங்கோணத்தில் அமைந் திருக்கும். டிரம்லின்களின் நீள் அச்சு இதற்கு மாறாக பனிக்கட்டி நகரும் திசைக்கு இணையாக இருப்பது இங்கு குறிப்பிடத்தக்கது. டிரம்லின்கள் பாறைக்களிமண்ணால் ஆனவையாதலால் அவற்றில் பாறைகள் கலந்து காணப்படுகின்றன. ஆனால் கேம்ஸ் களில் பாறைத்துகள்கள் பகுக்கப்படாமல் இருந்த போதிலும் பாறைகள் இவற்றில் காணப்படுவதில்லை. கேம்ஸ்கள் தனித்தோ அல்லது குழுக்களாகவோ காணப்படுகின்றன.

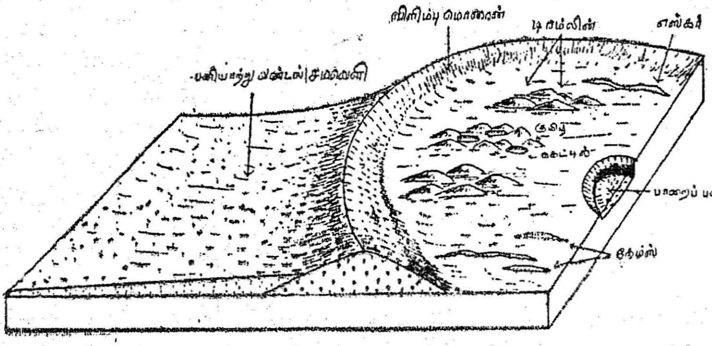
கேம்ஸ்களின் தோற்றம்பற்றி பல்வேறு கருத்துக்கள் நிலவு கின்றன. பனிவிரிப்பு தற்காலிகமாக அசைவற்று இருக்கும் போது அதிலிருந்து உருகிவரும் நீரினால் கடத்தப்படும் பொருள்கள் ஆங்காங்கே வண்டல் கூம்புகளைப் போன்று குவிந்து படிவதால் கேம்ஸ்கள் தோன்றுகின்றன என்பது ஒரு கருத்தாகும். மற்றொரு கருத்தாவது, அசைவற்று இருக்கும் பனிக்கட்டியின் விளிம்புக்கு அருகில் காணப்படும் பிளவு அல்லது வெற்றிடங்களில் (cavity) பனியாற்றுப் படிவுகள் படிவதால் பனி உருகிய பின்பு அவை தரையில் படிந்து கேம்ஸ்களாகின்றன என்பதாகும். பனியாற்றுப் பிளவுகளில் (crevasses) சேருகிற படிவுகளும் பனி உருகிய பின்பு இவ்வாறே படிகின்றன. ஆனாலும் கேம்ஸ்கள் நீள அமைப்பில் காணப்படுவதில்லை.

உருகி மறையும் பனியாற்றுக்கும், பள்ளத்தாக்கின் சரிவிற்கும் இடையில் பாயும் ஓடைகள் மணல், சரளைக்கல் ஆகிய பொருள்

களைப் படிவித்துச் செல்கின்றன. பனியாறு உருகி மறையும் போது இப்படிவுகள் திடல்களாகக் காட்சியளிக்கின்றன. இவை கேம்ஸ் திடல்கள் (Kame terraces) எனப்படும்.

பனியாற்று வண்டல் சமவெளி (out wash plain)

பனியாறு அல்லது பனி விரிப்பு உருகி அழியும் போது விளிம்பு மொரைனின் நுண்ணிய படிவுகள் உருகு நீரால் கடத்தப் படுகின்றன. விளிம்பு மொரைனிலிருந்து கடத்தப்படும் இவை பனியாற்று உருகுநீர் வண்டல் (out wash) எனப்படும். பனி யாற்றின் எல்லையில் இவ்வண்டல் படிந்து உருகுநீர் வண்டல் விசிறிகள் தோன்றுகின்றன. இவற்றிலுள்ள மணல், சரளைக்கல் ஆகியவை பகுக்கப்பட்டு அடுக்கமைப்பு கொண்டுள்ளன. பல பனியாற்று உருகுநீர் வண்டல் விசிறிகள் ஒன்றுக இணையும்போது பனியாற்று வண்டல் சமவெளி (out wash plain) தோன்றுகிறது (படம்; 91).



படம் 91. பனியாற்று வண்டல் சமவெளியும் பிற படிதல் நிலத்தோற்றங்களும்.

பனி விரிப்பின் எல்லையில் தோன்றும் பனியாற்று வண்டல் சமவெளிகள் மிகவும் பரந்தவையாகும். உதாரணமாக ஐஸ்லாந் தின் தெற்கு கடற்கரையிலுள்ள பனியாற்று வண்டல் சமவெளி சுமார் 16 கி.மீ. அகலம் கொண்டிருக்கிறது. வடக்கு ஐரோப்பா விலுள்ள சில சமவெளிகள் இன்னும் அகலமாக உள்ளன. களி மண்ணும் மணலும், சரளைக்கற்களும் கலந்து காணப்படும் இச் சமவெளிப் படிவுகள் அடியிலுள்ள நிலத்தோற்றத்தை முழுமை யாக மூடிக்கொண்டுள்ளன.

பனியாற்று வண்டல் சமவெளியில் ஆங்காங்கே குழிகள் காணப்படுவதுண்டு. பனியாற்றிலிருந்து உடைந்து விழும் பனிக்

கட்டிகள் அடியிலுள்ள வண்டல் படிவில் புதைந்து விடுகின்றன. பின்பு பனியாறு உருகி மறையும் போது இப் பனிக்கட்டிகள் புதைந்திருந்த இடங்களில் குழிகள் காணப்படும். இக்குழிகள் கெட்டில்கள் (Kettles) அல்லது கெட்டில் குழிகள் (Kettle holes) எனப்படும். இவை சில மீட்டர் முதல் பல கிலோ மீட்டர் வரை அகலம் கொண்டுள்ளன. பின்னர் இக்குழிகளில் நீர் நிரம்பி ஏரி களாகவும் சதுப்பு நிலங்களாகவும் காட்சி தருகின்றன.

பிளைஸ்டோசீன் பனிக்காலம்

(Pleistocene Ice Age)

புவியில் பனியாற்றினுல் ஏற்பட்டிருக்கும் நிலத்தோற்றங் களில் பெரும்பாலும் பிளைஸ்டோசீன் பனிக்காலத்தில் ஏற்பட்ட வையாகும். அக்காலத்தில் புவி முழுவதும் தற்போது உள்ளதை விட மிகவும் குளிர்ச்சியாக இருந்தது. அதனுல் பனி விரிப்புகள் வளர்ந்து வட அமெரிக்காவின் வடபகுதி, வட ஐரோப்பா, கிழக்கு சைபீரியா, போன்ற பகுதிகளில் பரவியிருந்தன. புவி அமைப்பியல் காலத்தில் பனிக்காலம் பல முறை ஏற்பட்டிருக் கிறது. உதாரணமாக கார்பானிபெரஸ் காலத்தில் ஏற்பட்ட பனிப் பரவலினுல் இந்தியா, ஆப்ரிக்கா போன்ற பகுதிகளில் பலவித நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்பட்டுள்ளன. பிளைஸ்டோசீன் பனிக் காலத்தில் மத்திய அட்சாம்சங்களில் குறைந்தது நான்கு முறைகளாவது பனி விரிப்பு ஏற்பட்டு அழிந்திருக்க வேண்டும்.

ஐரோப்பாவிலும் வட அமெரிக்காவிலும் கடைசியாகத் தோன்றிய பனிக்காலம் சுமார் 700,000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு ஆரம்பித்து சுமார் 20,000 ஆண்டுகள் முன்புவரை நீடித் திருந்தது. பின்பு பனி அழிவு ஏற்பட்டதால் பனிவிரிப்பு சுருங்கி வட அமெரிக்காவின் கிழக்கிலுள்ள அமெரிக்க-கனடா எல்லைக் கப்பால் ஒரு பகுதியும் ஸ்வீடனைச் சுற்றியுள்ள பால்டிக்கடலில் மற்ரெரு பகுதியும் பிரிந்து காணப்பட்டன. அப்போது அதாவது சுமார் 10,000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வளிமண்டல வெப்பம் அதிகரித்ததால் மீதமிருந்த பனிக்கட்டி விரைவாக உருகி அதிக வெள்ளத்தை ஏற்படுத்தியது. சுமார் 6000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பாக மேற்கூறிய இரண்டு பனி விரிப்புகளுமே முழுமையாக உருகி மறைந்தன. இதற்குப் பிறகு சில ஆயிரம் ஆண்டுகள் வரை காலநிலை தற்போது இருப்பதை விட சற்று வெம்மையாகவும், வறண்டதாகவும் இருந்தது. ஏறத்தாழ கி.பி. 1000-வது ஆண்டு முதல் வெப்பம் படிப்படியாக குறைந்து குளிர்ந்த காலநிலை

தொடங்கியிருக்கிறது. எனவே, பிளைஸ்டோசீன் பனிக்கால வரலாற்றை நோக்கும் போது இன்னும் 100,000 ஆண்டுகளில் மீண்டும் பனிக்காலம் ஏற்படக்கூடுமென கருதப்படுகிறது.

பனி வரை இடம் (periglacial region)

பனி வரை இடம் என்பது பிளைஸ்டோசீன் பனி விரிப்புகளுக்கு அருகிலுள்ள பகுதியைக் குறிக்கும். இப் பகுதியின் கால நிலை பனிவிரிப்பினால் பாதிக்கப்படுவதால் அங்கு வெப்பம் குறைவாகவும், வெப்பம் உறைநிலைக்கு மேலும் கீழும் மாறியும், சில சமயங்களில் காற்று விசையாக வீசிக் கொண்டும் காணப்படுகிறது. இத்தகைய தன்மைகள் உப துருவப் பிரதேசத்திலும் உயர்ந்த மலைகளிலும் காணப்படுகின்றன.

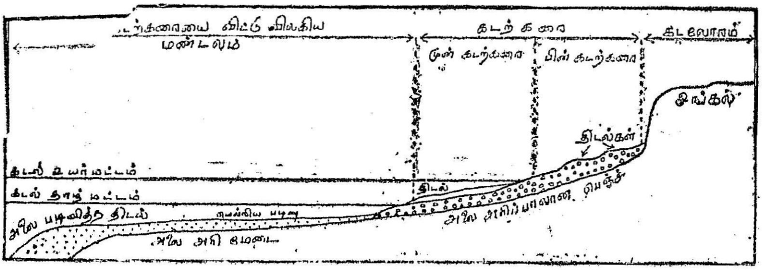
15. கடல் அரிப்பு

நிலமும் கடலும் சந்திக்கும் நீண்ட கோட்டிற்கு கடலோரம் என்று பெயர். கடலோரத்தில் நிலமும், கடலும் வளி மண்டலமும் ஒன்ருகச் செயல்படுகின்றன. நிலப்பரப்பு கடலோரத்தில் முற்று பெறும்போது ஓடும் நீர் அரிப்புச் செயலும் முற்று பெறுகிறது. கடலோரத்தில் ஆறுகள் அவற்றின் சக்தி முழுவதையும் இழந்து விடுகின்றன. எனவே இங்கு ஆறுகளின் பணிகளை கடல் அலைகள் மேற்கொள்ளுகின்றன. கடல் அலைகளின் இயக்கத்தினுல் தோன்றும் சக்தி (Kinetic energy) நிலத்தின் முனையைத் தாக்கி நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குகிறது. இவை அரிக்கும் பொருள்கள் கடல் நீரோட்டங்களால் கடலோரத்தின் வழியே கடத்தப்படுகின்றன.

வானிலைச் சிதைவு, ஆற்று அரிப்பு ஆகியவை நிலப்பரப்பு முழுவதையும் பாதிக்கும்போது கடல் அலைகள் கடலோரத்தின் குறுகிய செங்குத்தான நிலத்தை மட்டுமே அரிக்கின்றன. கடல் மட்டத்தில் எந்த மாற்றம் ஏற்பட்டாலும் உடனடியாக பாதிக்கப் படுவது கடலோரப் பகுதியாகும்.

ஜான்சன் (D. W. Johnson) என்பார் கடலோரம் (coast) கடற்கரை (shore) ஆகியவற்றின் வேறுபாட்டை விளக்கியுள்ளார். இவர் கருத்துப்படி கடலோரம் என்பது கடல் ஓங்கலை (sea cliff) அடுத்து பின்புறம் அமைந்த ஒரு குறுகிய நிலப்பகுதியாகும். கடலோரக்கோடு (coast line) என்பது நிலத்தின் விளிம்புகளை (ஓங்கல்களை) இணைக்கிற ஒரு கோடு ஆகும். கடற்கரை என்பது கடல் நீரின் தாழ் மட்டத்திற்கும் (low water line) கடல் ஓங்கலின் அடிவாரத்திற்கும் இடையே உள்ள மண்டலமாகும். இம் மண்டலத்தில் நீர் மட்டம் மாறிக்கொண்டிருப்பதால் இங்கு தாழ் மட்டக் கடற்கரை, உயர் மட்டக் கடற்கரை போன்ற பல பகுதிகள் காணப்படுகின்றன. கடற்கரையில் முன் கடற்கரை (fore shore), பின் கடற்கரை (back shore) என இரு பகுதிகள் உண்டு. முன் கடற்கரை, ஓங்கலின் அடிவாரத்தை ஒட்டியுள்ளது; பின் கடற்கரை அதற்கப்பாலுள்ளது. கடல் நீரின் தாழ்

மட்டத்திலிருந்து கடலை நோக்கியிருக்கும் பகுதி கடற்கரையை விலகிய மண்டலம் (off shore zone) எனப்படுகிறது. கடற் கரையில் தற்காலிகமாக குவிந்திருக்கும் படிவுகளுக்கு பீச்சு(beach) என்று பெயர் (படம்: 92).



படம் 92. கடற்கரையின் மண்டலங்கள்.

கடலோர நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குவதில் கடல்அலைகள் பெரும் பங்கு வகிக்கின்றன. கடலில் தோன்றும் ஏற்றவற்றம் (tide) அல்லது ஓத முகத்தினுல் கடல் மட்டம் அதிகரித்தும், குறைந்தும் காணப்படுகிறது. அப்போது கடலோரத்தில் அதிகமான செங்குத்து நிலப்பரப்பு அலைகளின் அரிப்புக்கு இலக்காகிறது. ஏற்றவற்றம், காற்று, அலை ஆகியவற்ருல் தோன்றும் நீரோட்டங்கள் அலை அரித்த பாறைத் துகள்களைக் கடலோரத்தில் கடத்தி படியச் செய்கின்றன.

அலைகளின் தோற்றம்

அலைகளின் அரிப்புச் செயலைப் புரிந்துகொள்வதற்கு அவற்றின் தோற்றத்தையும் இயக்கத்தையும் நாம் தெரிந்து கொள்ளுதல் அவசியமாகும். சூரிய ஒளியினுல் வளி மண்டலம் வெப்பமடைவதற்கும் கடல் பரப்பு வெப்பமடைவதற்கும் வேறுபாடு உள்ளதால் வளி மண்டலத்தில் காற்றின் சுற்றேட்டம் ஏற்படுகிறது. தட்டையான நீர் பரப்பின் மீது இக்காற்று வீசுவதால் உராய்வு ஏற்பட்டு சிறு அலைகள் தோன்றுகின்றன. இவ்வலைகள் ஒருமுறை தோன்றிவிட்டால் தொடர்ந்து வீசுகிற காற்றினுல் அவை உந்தப்பட்டு மேலும் பெரிதாகின்றன. காற்றின் தகைவினுல் நீர் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு கடத்தப்படுகிறது. நீர் பரப்பில் அலைகள் தோன்றுவதற்கு (1) காற்று விசைமிகுந்து திடீரென வீசுதல் வேண்டும், (2) அலைகள் கடந்து செல்வதற்கும் வளர்ச்சி பெறுவதற்கும் ஏதுவாக சிற்றலைகளின் காற்றுமுகத் திசை, இறங்கு முகத்திசை ஆகியவற்றில் லேசான அழுத்த வேறுபாடு இருத்தல் வேண்டும்,

கடுங்காற்று அலைகளைத் தோற்றுவிப்பதோடு அவற்றின் அசைவுக்கும் காரணமாயிருக்கிறது. காற்று வீசும்போது நீர்பரப்பு அதனால் உந்தப்பட்டு மேலெழும்பி முன்பக்கத்தில் சரிகிறது: இதுவே அலை எனப்படுகிறது. அலையின் மேல் வளைவு முடி (crest) என்றும், கீழ் வளைவு தாழி (trough) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இரு முடிகளுக்கோ அல்லது இரு தாழிகளுக்கோ இடையிலுள்ள தூரம் அலை நீளமாகும் (wave length). அலை உயரம் (wave height) என்பது முடிக்கும், தாழிக்கும் இடையிலுள்ள உயர வேறுபாடாகும். அலை வேகம் (wave velocity) என்பது அலை ஒரு விநாடியில் கடக்கக்கூடிய தூரமாகும். இரு முடிகள் அல்லது இரு தாழிகள் ஒரு புள்ளியைக் கடப்பதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலத்தை அலையின் காலம் (wave period) என்கிறோம்.

அலை உயரம்

அலைகளின் அளவு காற்றின் வேகத்தைப் பொறுத்துள்ளது. மிகப் பெரிய அலை கடலின் ஆழமான பகுதியில்தான் காணப்படுகிறது. கடலடி தளத்தின் உராய்வு அங்கு இல்லையாதலால் இங்கு மிகப் பெரிய அலைகள் தோன்றுகின்றன. இது வரை சேகரித்த விவரத்தின்படி 16 மீட்டர் உயரம் வரைதான் அலைகள் இதுவரை தோன்றியுள்ளன. கடல் அலையின் உயரம் (1) காற்றின் வேகம், (2) காற்று நீடிக்கும் காலம், (3) காற்று வீசும் பரப்பு (fetch) ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளது. காற்றின் வேகம் அதிகரிக்கும்போது அலைகளின் உயரமும் அதிகரிக்கிறது. காற்றின் வேகம் மணிக்கு 16 கி.மீ. இருந்தால் அலையின் உயரம் சுமார் ஒரு மீட்டர் அல்லது அதற்கு குறைவாக இருக்கும்; காற்றின் வேகம் மணிக்கு 80 கி.மீ இருப்பின் அலையின் உயரம் 18 மீ வரை காணப்படும். காற்று நீண்ட காலத்திற்கு தொடர்ந்து வீசும்போது அலைகள் பெரியதாக வளர்ச்சியடைகின்றன. காற்று வீசும் கடற்பரப்பு பெரியதாக இருப்பின் பெரிய அலைகள் தோன்றுகின்றன.

சுனாமி

கடலடியில் தோன்றும் நில அதிர்ச்சி, எரிமலை கக்குதல், நிலச் சரிவு ஆகியவற்றால் கடலில் பெரிய அலைகள் தோன்றுகின்றன. இவை சுனாமிக்கள் (tsunamis) எனப்படும். இவ்வலைகளின் நீளம் சுமார் 160 கி.மீ. இருக்கும். இவை மணிக்கு சுமார் 640 கி.மீ. வேகத்தில் கடக்கின்றன. திறந்த கடலில் (நடுக்கடலில்) இவற்றின் உயரம் சில மீட்டர்களே இருக்கும். ஆனால் கடற்கரைக்கு அருகே வரும்போது இவை மிக அதிக உயரத்திற்கு

எழுகின்றன. கியூனென் (Kuenen) என்பாரின் கருத்துப்படி ஜப்பான் கடற்கரையிலும், சிலி (Chile) கடற்கரையிலும் சுனமிக்கள் 30 முதல் 40 மீட்டர் வரை உயர்ந்திருக்கின்றன. அலாஸ்காவில் டச்சு முனையில் (Dutch cape) கடல் மட்டத்திலிருந்து 30 மீ. உயரத்திலிருந்த கலங்கரை விளக்கம் சுனமிக்களினல் சேதப்பட்டிருப்பதாக ஷெப்பர்டு (Shepard) குறிப்பிடுகிறார். சுனமிக்கள் பொதுவாக அதிக நேரம் நிலைத்திருப்பதில்லை.

கொந்தளிப்பு

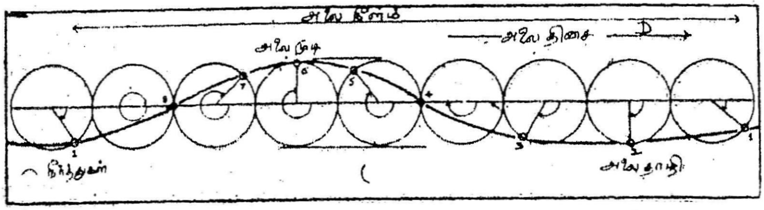
காற்றின் விசையால் அலைகள் அவை தோன்றும் இடத்திலிருந்து வெகு தூரத்திற்கு பரவிச் செல்கின்றன. இவ்வாறு பரவிச் செல்லும்போது அவற்றின் உயரம் குறைந்து நீளம் அதிகரிக்கிறது. அலைகள் இவ்வாறு பரவிச்செல்வது கொந்தளிப்பு (swell) அல்லது அலை பரவல் எனப்படும். கொந்தளிப்பு பொதுவாக புயல்காற்று வீசும்போது ஏற்படுகிறது. கொந்தளிப்பின்போது அலைகள் ஒரே சீரான சங்கிலிபோல் பல திசைகளிலிருந்தும் தோன்றிப் பரவுகின்றன. மேலிருந்து பார்க்கும் போது இவை கொடி பின்னல் போல் காட்சியளிக்கும். புயல் வீசும்போது அலையின் நீளம் 180மீ—210மீ-க்கு மேல் இராது. சில சமயங்களில் 830 மீ. நீளமுள்ள அலைகளும் காணப்படுவதுண்டு.

அலைகள் தோன்றுமிடத்தில் அவற்றின் உயரம் சுமார் 15 மீ. வரை காணப்படுகிறது. இவை பரவி கொந்தளிப்பாக மாறும் போது அலைகளின் உயரம் 6 அல்லது 9 மீ. ஆக குறைகிறது.

கொந்தளிப்பின் போது அலைகள் இரு முறைகளில் சக்தியை வெளிப்படுத்துகின்றன. அவை (1) அலை உள்நிலை சக்தி (potential energy), (2) அலை இயக்க சக்தி (kinetic energy) என்பதாகும். காற்றினல் உந்தப்பட்டு நீர் பரப்பு அலையாக மேலெழும்போது உள்நிலை சக்தி வெளிப்படுகிறது. இது அலையின் உயரத்தைப் பொருத்து மாறுகிறது. அலை கடந்து செல்லும் போது நீர்த்துளிகள் ஒவ்வொன்றும் வட்ட வடிவ பாதையில் செல்லும்போது இயக்க சக்தி வெளிப்படுகிறது. இந் நீர்த்துளிகளின் அசைவு அலையின் திசைக்கு எதிராக இருக்கிறது. எனவே இவை குறுக்கு அலைகள் (Transverse waves) எனப்படும்.

கடலின் ஆழமான பகுதிகளில் அலைகள் தொடர்ச்சியாக முன்னேக்கி நகருகின்றன. ஆனல் அலையின் நீர்த்துளிகள் அலை

செல்லும் திசையில் செல்லாமல் ஒரு வட்டமான பாதையில் செல்கின்றன படம் 93-ல் அலையின் அசைவும், நீர்த்துளிகளின்



படம் 93. அலையின் அசைவு.

வட்ட பாதையும் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது: இதில் D அலை கடக்கும் திசையைக் காட்டுகிறது. 1,2,3,4,...என்று குறிக்கப்பட்டுள்ள கரும்புள்ளிகள் அலையின் மேற் பரப்பிலுள்ள ஒரு நீர்த்துளியின் இயக்கத்தைக் காட்டுகின்றன. இந் நீர்த்துளி அலையின் தாழியில் பின்னோக்கி கீழிறங்குகிறது (1,2). பின்பு அலையின் முடியில் இது முன்னோக்கிச் சென்று உயர்கிறது (4,5,6). மீண்டும் தாழியை அடையும்போது பின்னோக்கி கீழிறங்குகிறது (7,8,1). இவ்வாறு ஒவ்வொரு நீர்த்துளியும் ஒரு வட்ட வடிவ பாதையில் அலையின் திசைக்கு எதிராக இயங்குவதால், அலை மேலெழுந்தும், கீழிறங்கியும் எதிர்த்திசையில் நகருகிறது.

அலை உடைதல்

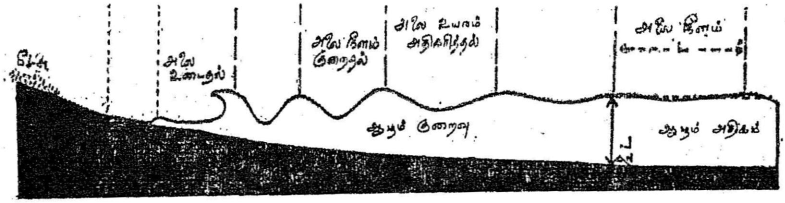
காற்றினால் தோற்றுவிக்கப்பட்டு கடந்து வரும் அலைகள் இறுதியில் உடைந்து மட்டமாகின்றன. இவ்வாறு அலைகள் உடைபடுகிற பகுதிக்கு அலை உடையுமிடம் (surf) என்று பெயர். அலைகள் உடைவதற்கு இரண்டு முக்கிய காரணங்கள் உள்ளன. அவை பின்வருமாறு:

(1) நீரின் ஆழமும் (தாழியிலிருந்து தரை வரை) அலையின் நீளமும் சமமாக இருக்கும்போது அலை உடைபடுகிறது.

(2) அலையின் முடியில் வட்டப் பாதையில் செல்லும் நீர்த்துளிகளின் வேகம், அலை முன்னேறும் வேகத்தைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பின் அலை உடைகிறது (படம் : 94).

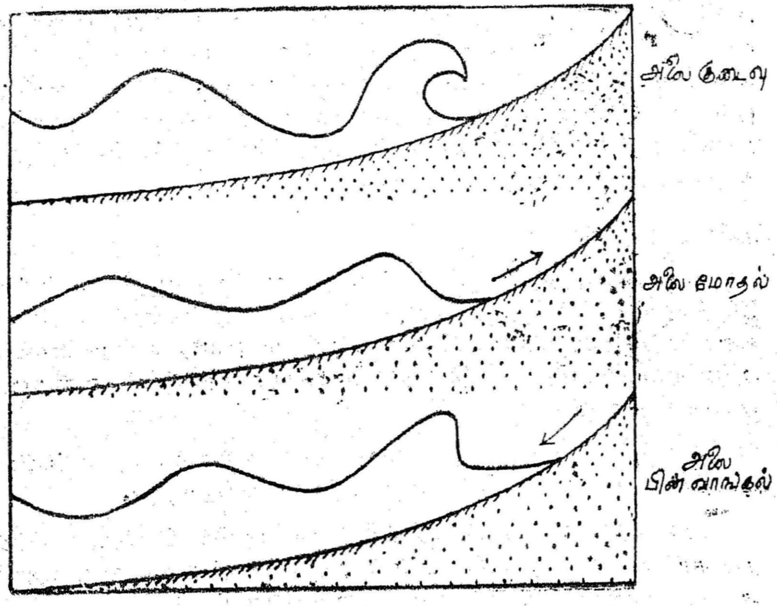
நீரின் ஆழம் குறையும்போது தரையின் உராய்வு ஏற்படுவதால் அலை முன்னேறும் வேகம் குறைந்து நீர்த்துளிகளின் வேகம் அதிகமாக இருக்கிறது. அதாவது அலையின் கீழ்ப் பகுதியில் உராய்வு இருப்பதால் அலையின் முன்னேற்றம் தடைபடுகிறது. ஆனால் மேல் பகுதியில் உராய்வு ஏதுமில்லையாகையால் அது

முன்னேக்கிச் செல்கிறது. அப்போது நீர்த்துளிகளின் வட்டப் பாதை சிதைந்து அலையின் முன் பக்கத்தில் ஒரு உட்குடைவு



படம் 94. அலை நீளமும், அலை உடைதலும்

பள்ளம் ஏற்படுகிறது. இப்பள்ளம் நீரற்று வெற்றிடமாக இருப்பதால் அலையின் சமநிலை பாதிக்கப்பட்டு அது உடைகிறது. (படம் : 95). அப்போது நீர்த்துளிகளின் வட்டப்பாதை சிதைந்து



படம் 95. அலை உடைதல்

நீள் வட்டம் அல்லது நேர் பாதையாக மாறுகிறது. அலைகள் இவ்வாறு உடைபடுவது கடற்கரைக்கு அருகில் காணப்படுகிறது.

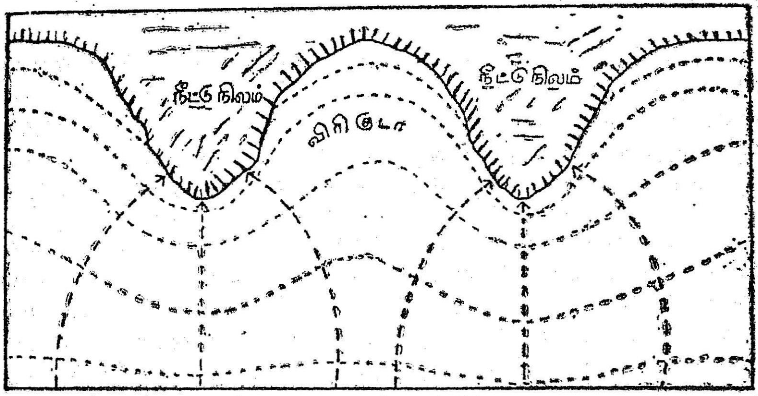
அலை உடைவதற்கு முன்பாக அலையின் நீளம் குறைந்து உயரம் அதிகரிப்பதால் அது செங்குத்தாக மேலெழும்புகிறது.

அது உடைபடும்போது நீர் கடற்கரையில் சென்று குவிகிறது. இது மோது அலை (swash) எனப்படும். இவ்வாறு அலைகள் மோதுவதால்தான் கடற்கரையில் அரிப்பு ஏற்படுகிறது.

மோது அலை (swash) உச்ச கட்டத்தை அடைந்து கடற்கரையின் முன்னேக்கிச் சென்ற பிறகு, முன்னேக்கி சென்ற நீர் அலையின் இழுப்பினுல் (under tow) அலையின் அடிப்பாகத்தில் கடலை நோக்கிப் பின்னடைகிறது. இவ்வாறு பின்னடையும் நீர்தான் கடற்கரையிலுள்ள நுண்ணிய பொருள்களை கடலுக்குள் கடத்துகிறது.

அலை முறிவு

அலைகள் கடற்கரையை நோக்கி வரும்போது கடலடி நிலத்தின் உராய்வினுல் அவற்றின் முகப்புக் (front) கோடு பல மாறுதல்களை அடைகிறது. கடற்கரையிலுள்ள நீட்டு நிலங்களை (head lands) அடுத்துள்ள ஆழம் குறைந்த பகுதியில் அலைகள் முன்னேறுவது தடைபடுகிறது. ஆனுல் விரி குடாக்களில் (bays) ஆழம் அதிகமிருப்பதால் அவை தடையின்றி கடற்கரையை அடைகின்றன. எனவே அலைகளின் முகப்புக் கோடு (front) விரி குடாவின் பக்கம் வளைந்து காணப்படுகிறது. இவ்வாறு கடலடி தளத்தின் உராய்வினுல் அலைகளின் முகப்பு வளைந்து காணப் படுவதை அலைமுறிவு (wave refraction) என்கிறேம் (படம் 96).



படம் 96. அலை முறிவு.

அலைமுறிவினுல் கடற்கரையை நோக்கி வரும் அலைகள் சாய்வாக (oblique) வந்தடைகின்றன. எனவே நீட்டு நிலங்களின் இரு புறத்திலும் அவை குவிந்து (converge) மோதுகின்றன. இதன் விளைவாக நீட்டு நிலங்கள் வெகுவாக அரிக்கப்படுகின்றன,

ஆனால் விரிக்குடாக்களில் அலைகள் விரிவடைந்து செல்வதால் அங்கு அரிப்பு ஏதும் ஏற்படுவதில்லை.

கடல் நீரோட்டங்கள்

கடல் நீரோட்டங்கள் அலைகளைப் போலல்லாமல் தொடர்ச்சியாக முன்னேக்கிச் செல்கின்றன. இவை தோன்றுவதற்குப் பல காரணங்கள் உள்ளன.

கடல் நீரோட்டங்கள் தோன்றுவதற்கு காற்று நேரிடையாகவோ அல்லது மறைமுகமாகவோ காரணமாக உள்ளது. எனவே நீரோட்டங்களின் திசை கோள் காற்றுத் (planetary wind) திசையைப் பொருத்துள்ளது.

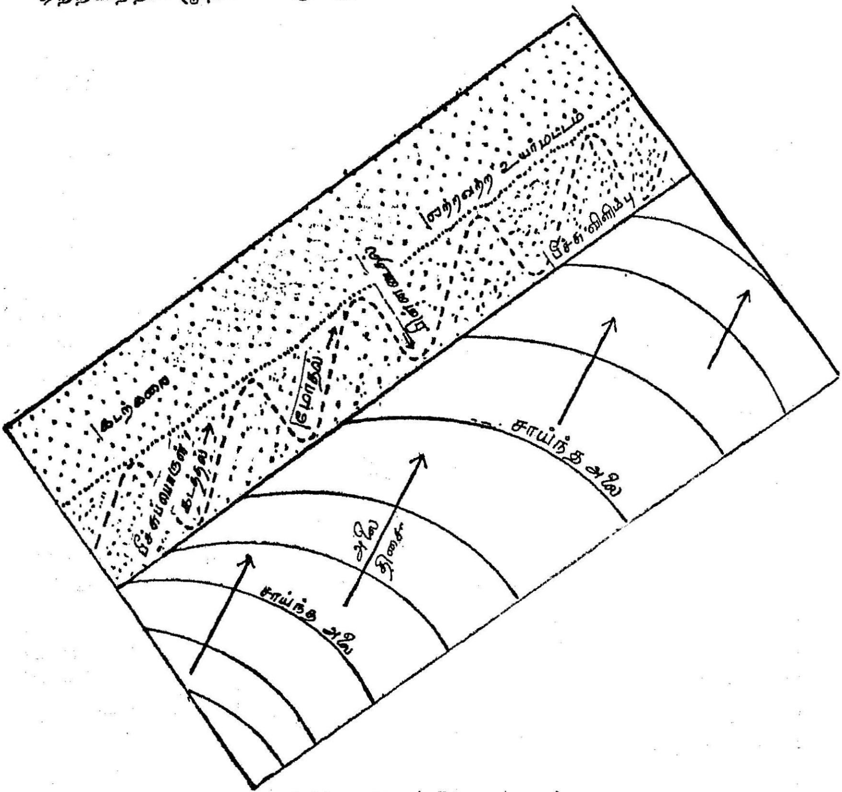
புவியின் அசைவினலும் கண்டங்களின் அமைப்பினலும் நீரோட்டங்களின் போக்கு மாறுகிறது. நீரோட்டங்கள் நிலத்தை அடையும்போது நில அமைப்பைப் பொருத்து அவற்றின் திசை மாறுகிறது. அப்போது இவை நிலத்திற்கு இணையாக செல்லும். இத்தகைய நீரோட்டங்களை கடலோர (littoral) அல்லது கரை ஒட்டிய (long shore) நீரோட்டம் என்கிறோம்.

கடற்கரையில் மோதி உடைபடும் சாய்வான அலைகளிலிருந்தும் கடலோர நீரோட்டங்கள் தோன்றுகின்றன. இவையும் நிலத்திற்கு இணையாகவே செல்லும்.

காற்றினல் தோற்றுவிக்கப்படும் நீரோட்டங்கள் பொதுவாக 90மீ ஆழத்திற்கு மேல் காணப்படுவதில்லை. அவற்றின் வேகம் குறைவாயிருப்பதால் அவை அரிப்புச் செயலுக்கு உதவுவதில்லை. இருப்பினும் கடலடித் தளத்திலிருக்கும் நுண்ணிய படிவுகளை அவை கடத்திக்கொண்டுவந்து கரைகளில் படியச்செய்கின்றன.

ஒரு சாய்வு அலை (oblique wave) கரையை நெருங்கும்போது அதன் மோது அலையும் (swash) அதேபோல் சாய்வாகக் கரையை அடைகிறது. பிறகு அது புவியீர்ப்பு விசையால் பின்னடையும்போது (back wash) கரைக்கு செங்கோண திசையில் பின்னடைகிறது. அதாவது நீரோட்டங்களால் பாறைப் பொருள்கள் கடத்தப்படும்போது பாறைத்துகள்கள் சாய்வான பாதையில் கரையை நோக்கிச் சென்று பின்பு செங்குத்தான பாதையில் கரையை நோக்கிப் பின்னடைகின்றன. இது தொடர்ச்சியாக நடைபெறுவதால் படிவுப் பொருள்கள் கரைக்கு இணையாக கடத்தப்படுகின்றன. இக் கடத்தலுக்கு பீச்சுப் பொருள் நகர்வு (beach drifting) எனப்படும் (படம் 97).

ஏற்றவற்றம் (ஓதப் பெருக்கு)



படம் 97. பீச்சுப் பொருள் நகர்வு.

ஏற்றவற்றம் அல்லது ஓதப் பெருக்கினால் சில சமயங்களில் நீரோட்டங்கள் ஏற்படுகின்றன. குறுகிய விரிகுடாக்களிலும், பொங்கு முகங்களிலும் (tidal mouth) இவை அதிவேகம் கொண்டவையாக இருக்கும். இந் நீரோட்டங்களினால் ஆற்றுப் பள்ளத் தாக்கிலுள்ள வண்டல் அப்போதைக்கப்போது கடத்தப்படுகின்றன. எனவே பள்ளத்தாக்கு ஆழமாக இருக்கிறது. ஏற்ற வற்றத்தின்போது சில பொங்கு முகங்களில் கடல் மட்டம் சில அடிகள் உயருகிறது. அப்போது பெரிய அலைகள் ஆற்றின் வழியே உள்ளே செல்கின்றன. இவை ஓதப் பேரலைகள் (tidal bores) எனப்படுகின்றன. இவை பொதுவாக 5 அல்லது 6மீட்டர் உயரம் கொண்டதாக இருக்கும். ஏற்றவற்றம் பொருள்களைக் கடத்துவதோடு ஆற்றின் படுகையையும் ஓரளவிற்கு அரிக்கின்றன தெற்கு இங்கிலாந்திலுள்ள செவர்ன் (severn), டிரென்ட் (trent),

அமேசன், சீனுவிலுள்ள சேன்டன் (Tsientan) ஆகிய ஓத முகங்களில் ஓதப் பேரலைகள் தோன்றுகின்றன.

கல்கத்தா டைமன்ட் துறைமுகத்தை அடுத்துள்ள ஹூக்ளி நதியின் முகத்துவாரத்தில் ஏற்றவற்றத்தினுல் தோன்றும் கடல் நீரோட்டங்கள் நதியின் வழியே நெடுந்தூரம் வரை உள் நாட்டிற்கு செல்கின்றன. எனவே நதியின் நீர்மட்டம் அப் பகுதியில் அதிகரித்து காணப்படுகிறது. ஹூக்ளி நதியில் இந்த நீரோட்டம் ஜலங்கி (Jalangi) நதியும், பாகிரதி (Bhagirathi) நதியும் கூடுகிற இடம் வரை காணப்படுகிறது. ஹூக்ளி, சால்வீன் (Salween) ஆகிய நதிகளின் புனல் போன்ற முகத்துவாரங்களின் வழியே கடலிலிருந்து வருகிற ஓதப்பெருக்கு நீர் புகும்போது அது ஆற்று நீரோடு மோதுவதால் ஓத நீர் குவிந்து ஓதப் பேரலைகள் (tidal bores) தோன்றுகின்றன.

கடல் அரிப்பு

கடலோரத்தில் நிலமும் கடலும் சந்தித்துக் கொள்கின்றன. கடல் அரிப்பினுல் கடலோரம் பலவித அமைப்புகளில் காணப்படுகிறது. கடலின் அரிப்புச் செயல், கடத்தல், படிதல் ஆகியவை கடலோரக் கோட்டை பாதிக்கிற முக்கிய காரணிகளாகும். கடலோரக் கோடு சில இடங்களில் நீண்ட தூரத்திற்கு நேராகவும், சில இடங்களில் வளைந்தும், சில இடங்களில் ஓங்கல் வடிவத்தில் செங்குத்தாகவும், வேறு சில இடங்களில் மென்மையான சரிவுடனும் காணப்படுகிறது.

கடலின் அரிப்புச் செயலும் படிதல் செயலும் கடலோரத்தில் மட்டுமே காணப்படுகிறது. கடலோரக் கோட்டின் அமைப்பு கீழ்க் காணும் காரணிகளால் பாதிக்கப்படுகிறது.

(1) நிலப் பகுதியிலுள்ள பாறையின் தன்மை (கடினப் பாறை மென்பாறை ஆகியவை)

(2) கடல் அலை, நீரோட்டம், ஏற்றவற்றம் ஆகியவற்றின் செய்கை (அரிப்பு, கடத்துதல், படிவித்தல் ஆகியவை)

(3) கடல் மட்டம் அல்லது நிலமட்ட மாறுதல் (நிலம் மேலெழுதல் அல்லது மூழ்குதல்)

(4) கடலோரத்தில் எரிமலைச் செய்கை, பவழப் பாறைகளின் வளர்ச்சி, சதுப்பு நிலக் காடுகளின் வளர்ச்சி.

(5) மனிதனின் செய்கை (செயற்கை துறைமுகம் கால்வாய் அமைத்தல் ஆகியவை)

அலைகளின் அரிப்பு

கடலில் காணப்படும் மூன்று இயக்கங்களான அலை, நீரோட்டம், ஏற்றவற்றம் ஆகியவற்றில் அலை மிக முக்கியமான தாகும். அலைகள் மூன்று வழிகளில் கடலோரத்தை பாதிக் கின்றன. அவை (1) நீர்த்தாக்கம் (hydraulic action), (2) அரித்துத் தின்னல் (corraison) (3) கரைதல் (solution) என்பன வாகும். கடல் ஓங்கல், கடலோர நிலம் ஆகியவற்றின் மீது அலைகள் வேகமாக மோதும்போது அவற்றின் அழுத்த விசையினுல் பாறைகள் உடைகின்றன. குளிர்கால புயலின்போது இந்த அலைகளின் அழுத்த விசை ஒரு சதுர மீட்டருக்கு பல ஆயிரம் கிலோக்களாக இருக்கும். அலைகளின் இத்தாக்குதலைத் தவிர வேறு வகையிலும் பாறைகள் உடைகின்றன. அலைகள் உடைந்து ஓங்கலில் மோதும்போது ஓங்கலின் விரிசல்களிலுள்ள காற்று அமுக்கப்படுகிறது. அதன் அழுத்தத்தால் பாறை பிளவு படுகிறது. அலைகள் பின்னடையும்போது அமுக்கப்பட்ட காற்று மீண்டும் விரிவடைகிறது. அப்போதும் பக்கவாட்டத் தகைவு ஏற்பட்டு பாறை பிளவுபடுகிறது. இவ்வாறு பிளவுகளிலுள்ள காற்று அமுக்கப்பட்டு விரிவடைவதால் பாறைகள் பலவீன மடைந்து உடைகின்றன.

ஆற்று நீரைப் போலவே அலைகளிலும் பாறைத் துகள்கள் கலந்திருப்பதால் அவற்றின் அரிப்புச் செயல் துரிதப்படுகிறது. அலைகளில் மணல், கூழாங்கற்கள் போன்றவை கலந்து காணப் படுகின்றன. புயலின்போது கூழாங்கற்களும் பாறைகளும் அலைகளால் உருட்டப்பட்ட ஓங்கல்களில் மோதி அவற்றை அரிக் கின்றன. சாதாரண பருவத்திலும் மணல், கூழாங்கல் போன்ற பொருட்கள் கடலோரத்தில் மோதிச் சுழல்வதால் அங்கு அரிப்பு ஏற்படுகிறது. இத்தகைய அரித்துத் தின்னல் செய்கை ஓங்கலின் அடிவாரத்தில் ஏற்படும்போது அடிவாரம் அரிக்கப்பட்டு தொங்கு ஓங்கல் (over hanging chiff) தோன்றுகிறது. இது வானிலைச் சிதைவு, மழை நீர் அரிப்பு ஆகியவற்ருல் பாதிக்கப்பட்டு தரை மட்டமாகிறது. சிதைந்த பாறைத்துகள்கள் மோது அலையி னுலும், அலை பின்னடைவதாலும் முன்னும் பின்னும் இழுக்கப் பட்டு உராய்ந்து தேய்ந்து (attrition) மேலும் நுண்ணிய துகள் களாகின்றன.

கடல் நீரில் பல இரசாயனப் பொருள்கள் கலந்துள்ளதால் ஆற்று நீரைக் காட்டிலும் கடல்நீர் அதிகமான அளவிற்கு கரைதல் செயலில் ஈடுபடுகிறது. கரைதல் செயலுக்கு எளிதாகும். சாக்கு, சுண்ணும்புப் பாறை ஆகியவை கடலோரத்தில் காணப்

படும்போது கடல் நீரின் கரைதல் செய்கையால் அவை பெரிதும் பாதிக்கப்படுகின்றன.

அரிப்பின் வேகம்

புயலின்போது தோன்றும் அலைகளும், சுழுமிக்களும் கடலோரத்தை தீவிரமாக அரிக்கின்றன. சிறு அலைகளின் நீண்ட கால அரிப்பினுல் தோன்றும் விளைவைக் காட்டிலும் புயலின் போது ஏற்படும் பெரிய அலைகளினுல் தோன்றும் விளைவுகளே மிக முக்கியமானவையாகும். கடல் அரிப்பின் வேகமும் அதனுல் தோன்றக்கூடிய கடலோர அமைப்பும் பல காரணிகளைப் பொருத்து மாறுகின்றன.

(1) அலைகளின் வலிமை அல்லது சக்தி கடலின் ஆழத்தையும் காற்றுபடும் பரப்பையும் (fetch) பொருத்துள்ளது. அலைகளின் சக்தியைப் பொருத்து அரிப்பின் வேகம் மாறுபடுகிறது.

(2) பாதுகாக்கப்படாத திறந்த கடலோரத்தில் அரிப்பு அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. இதற்கு மாருக கடலோரத்தில் நீட்டு நிலம், கூழாங்கற்கள் ஆகியவை அமைந்திருந்தால் கடலோரம் அலைகளின் அரிப்பினின்று பாதுகாக்கப்படுகிறது.

(3) அலைகளில் கலந்திருக்கும் பாறைத் துகள்களின் அமைப்பைப் பொருத்து அரிப்பின் அளவு வேறுபடுகிறது. கடினப் பாறை அல்லது களிமண் பாறை அலையினுல் தாக்கப்பட்டு சிதைந்து தோன்றும் போது துகள்கள் சற்று பெரியதாகவும் கூழாங்கற்களைப் போன்றும் காணப்படும். இவை அரிப்பை துரிதமாக்கும். ஆனுல் நுண்ணிய அமைப்புத்தரம் கொண்ட பாறைகளிலிருந்து நுண்ணிய துகள்களே தோன்றுவதால் அவை அரிப்புச் செயலுக்கு உதவுவதில்லை.

(4) கடலோரப் பாறையின் கடினத் தன்மையும், உறுதித் தன்மையும் அப்பாறைகளின் அரிப்பை பாதிக்கின்றன. கடினப் பாறைகளில் மூட்டுக்களும் அடுக்குத் தளங்களும் குறைவாக இருப்பதால் அவை எளிதில் அரிக்கப்படுவதில்லை.

(5) கடலோரத்திலுள்ள அடுக்கமைப்பற்ற பாறைகளைவிட அடுக்கமைப்பு கொண்ட பாறைகள் எளிதில் அரிக்கப்படுகின்றன. அடுக்கமைப்பு கொண்ட பாறைகளின் சாய்மானம் (dip) கடலின் அரிப்பு வேறுபாட்டிற்கு காரணமாயுள்ளது. ஓங்கலின் பாறை அடுக்குகள் கடலின் பக்கம் சாய்ந்திருப்பின் அடுக்குத் தளத்தின் வழியாக பாறைகள் சரிந்து கீழே விழும். பாறை அடுக்குகள் நிலத்தின் பக்கம் சாய்ந்திருப்பின் பாறைகள் சரிந்து விழுவதற்கு வாய்ப்பில்லை, எனவே கடலோரம் எவ்வித மாற்றமும் அடை

யாமல் இருக்கிறது. ஓங்கலின் அடிப்பாகம் அலைகளின் அரிப்பினால் அகற்றப்பட்டு தொங்கு ஓங்கல்கள் தோன்றுகின்றன.

(6) கடல்மட்டம், நில மட்டம் ஆகியவற்றின் நிலையான தன்மையைப் பொருத்தும் அரிப்பு வேகம் மாறுகிறது. கடல் மட்டம் உயரும்போது கடலோரத்தின் அதிகமான பரப்பு அலைகளின் தாக்குதலுக்கு இலக்காவதால் அரிப்பு விகிதம் அதிகமாக உள்ளது.

(7) கடற்கரையை அடுத்துள்ள கடல் பகுதியின் ஆழத்தைப் பொருத்து அலைகளின் அரிப்பு வேகம் குறையவோ அல்லது அதிகரிக்கவோ செய்கிறது. ஆழம் குறைந்த பகுதியில் கடலடித் தளத்தின் உராய்வினால் அலைகளின் விசை குறைகிறது. ஆழமான பகுதியில் உயரமான அலைகள் தோன்றி வேகமாக அரிக்கின்றன.

(8) அலைகளின் அரிப்பிற்கு வானிலைச் சிதைவு உதவியாக இருக்கிறது. வானிலைச் சிதைவடைந்த கடலோரப் பாறைகளை அலைகள் மிக எளிதில் அரித்துவிடுகின்றன.

அலையின் அடி மட்டம்

கடலின் மேல்பகுதியில் மிகத் தீவிரமாக இருக்கும் அலையின் அசைவு கீழ்நோக்கி செல்லச்செல்ல குறைகிறது. பின்பு குறிப்பிட்ட ஆழத்திற்குமேல் நீரில் எவ்வித அசைவும் காணப்படுவதில்லை. இம் மட்டத்தை அலையின் அடிமட்டம் (wave base) எனலாம். இம் மட்டத்திற்கு கீழ் அலைகள் யாதொரு விளைவையும் ஏற்படுத்த முடியாது. ஜான்சனின் ஆராய்ச்சிப்படி கடல் மட்டத்திலிருந்து சுமார் 180 மீ. ஆழம்வரை அலை அசைவு காணப்படினும் சுமார் 60 மீ. வரைதான் அவற்றின் அரிப்பு தீவிரமாக காணப்படுகிறது.

அலை அரிப்பால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்

கடல் ஓங்கல்

ஒரு ஒழுங்கற்ற உயர்நிலம் கடலில் தாழ்ந்து போகும்போது கடல்நீர் உட்புகுந்து விடுகிறது. அப்போது அலைகள் யாதொரு தடையுமின்றி கடற்கரையை நோக்கி வருகின்றன. அலைகளின் அரிப்புச் செயலால் கடல் மட்டமும் நிலமும் சந்திக்கிற இடத்தில் ஒரு வெட்டுத்தடம் (notch) தோன்றுகிறது. நாளடைவில் இது பெரிதாக்கப்பட்டு கடல் ஓங்கல் (sea cliff) தோன்றுகிறது. இங்கு அரிக்கப்படும் பொருள்கள் அலைகளாலும், நீரோட்டங்களாலும் கடலடித் தளத்திற்கு கடத்தப்படுகின்றன.

கடல் ஓங்கல்கள் பாறையின் வகை, அமைப்பு, தன்மை ஆகிய வற்றைப் பொருத்து பல அமைப்புகளில் காணப்படுகின்றன. கிரானைட் பாறையில் தோன்றும் ஓங்கல், பசால்ட் பாறையினின்று தோன்றும் ஓங்கலைக் காட்டிலும் மென் சரிவு கொண்டுள்ளது. எளிதில் அரிக்கப்படுகிற பாறைக் களிமண்ணில் நிலச் சரிவு ஏற்படு வதால் செங்குத்தான ஓங்கல்கள் தோன்றுகின்றன.

இந்தியாவில் கடல் ஓங்கல்கள் மேற்கு கடற்கரையில் மிகுதி யாகக் காணப்படுகின்றன. கிழக்குக் கடற்கரையில் ஓரிரு இடங் களில் மட்டுமே இவை காணப்படுகின்றன.

இந்தியாவில் கடல் ஓங்கல்கள் காணப்படும் இடங்களும் அவை தோன்றியுள்ள பாறைகளும் பின் வருமாறு:

(1) சில்கா ஏறி (Chilka Lake), விசாகப்பட்டணத்தின் தென் மேற்கு பகுதி, கன்னியாகுமரி ஆகிய கடற்கரைகளிலுள்ள கடல் ஓங்கல்கள் நைஸ் மற்றும் கிரானைட் பாறைகளில் தோன்றியுள்ளன.

(2) பம்பாய், கார்வார் பகுதிகளில் பசால்ட் பாறையில் கடல் ஓங்கல்கள் காணப்படுகின்றன. இவை தக்கண பீட பூமியின் லாவா பாறை அரிக்கப்பட்டதால் தோன்றியுள்ளன. இவற்றில் தூண் விரிசல்கள் (columnar joints) காணப்படுகின்றன.

(3) அந்தமான், நிகோபார் தீவுகளில் காணப்படும் ஓங்கல்கள் சுண்ணாம்புப் பாறை, மணற்பாறை, களிமண் ஆகிய வற்றில் தோன்றியுள்ளன.

(4) கட்சிலுள்ள ரான் (Ran) பகுதிகளுக்கு அருகிலுள்ள கடல் ஓங்கல்கள் கடல் மட்டத்திற்கு கீழே அமைந்துள்ளன. இவை தென் மேற்கு பருவகாற்றினால் மிகவும் பாதிக்கப் பட்டுள்ளன. இதைத்தவிர கத்தியவார், காம்பே வளைகுடா விற்கு மேற்குப்பகுதி ஆகியவற்றிலும் ஓங்கல்கள் காணப் படுகின்றன.

புயலின்போது ஓங்கலின் மீது அலைகள் மோதி நீரைத் தெறிக்கின்றன. அப்போது ஓங்கலின் அடிவாரத்திற்கு மேல் சற்று உயரத்தில் அரிப்பு ஏற்பட்டு ஒரு அரிமேடை தோன்று கிறது. இது உயர் நீர்மட்ட அரிமேடை (high water platform) எனப்படும்.

அலை அரிப்பாலான பெஞ்ச்

கடல் ஓங்கல் நாளடைவில் வழிநீர் அரிப்பு, நிலச்சரிவு, புவியீர்ப்பு விசை ஆகியவற்றின் கூட்டுச் செயலால் பாதிக்கப்

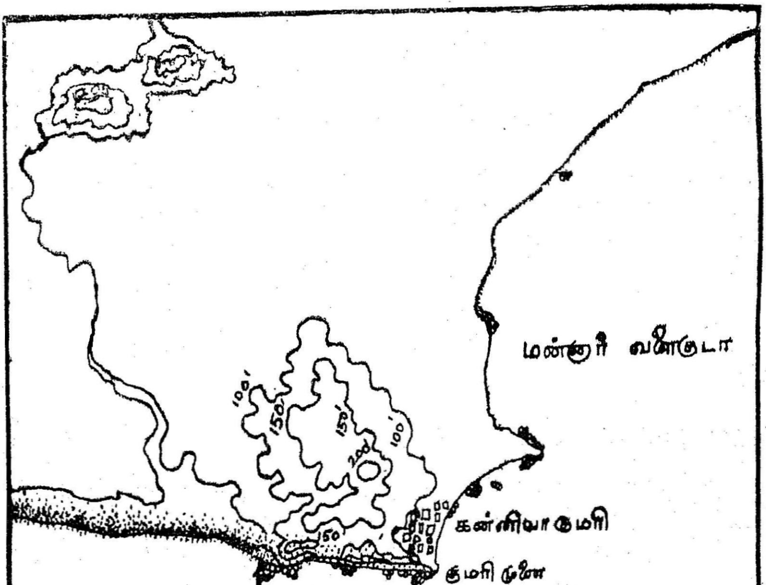
பட்டு சிறிது சிறிதாக பின்னடைகிறது. பின்பு அது பின்னடைந்த இடத்தில் ஒரு அலை அரிப்பாலான பெஞ்சு (wave cut bench) தோன்றுகிறது. இதனை அடுத்துள்ள பகுதியில் அலையில் கலந்திருக்கும் பொருள்களில் உராய்ந்து அரித்தல் செயலால் ஒரு அலை அரிமேடை (abrasion platform) தோன்றுகிறது. அலை அரிப்பாலான பெஞ்சு, அலை அரிமேடை ஆகியவை ஓங்கலின் அடிவாரத்திலிருந்து கடலை நோக்கி நீண்டு செல்கின்றன. ஓங்கலின் அடிவாரத்தில் தொடங்கி கடலை நோக்கி நீண்டிருக்கும் அலை அரிப்பாலான பெஞ்சு சற்று தொலைவுக்கப்பால் ஒரு அலை அரிமேடையாக காட்சி தருகிறது. இது அலைகள், நீரோட்டம் போன்றவற்றின் நீண்டகால அரிப்புச்செயலால் தோன்றுகிறது. அலை அரிப்பாலான பெஞ்சு எங்கு முடிவடைந்து எங்கு அரிமேடையாக மாறுகிறதென்பதை வரையறுத்துக் கூற இயலாது. இவை இரண்டுமே அலையின் அரிப்பால் தோன்றும் திடல்களாகும். இவற்றிலிருந்து அலைகளால் கடத்தப்படும் பாறைத்துகள்கள் அலை அசைவு மண்டலத்திற்கு (zone of wave movement) கீழ், கடலடித்தளத்தில் படிகின்றன. இவை அலை படிவித்த திடல்கள் (wave built terraces) எனப்படும். ஜான்சன் இவற்றை கண்டத் திடல்கள் (continental terraces) என்கிறார். இத்திடல்களிலுள்ள பொருள்கள் யாவும் அலை அரிப்பு திடல்களிலிருந்து கடத்தப் படுபவையாகும். அலை அரிமேடையும் அலை படிவித்த திடலும் சேர்ந்த பகுதி பொதுவாக கண்டத்திட்டு (continental shelf) எனப்படுகிறது.

நீட்டு நிலங்கள் (hand lands)

கடலோரத்திலுள்ள மென் பாறைகள் எளிதில் அரிக்கப் படும் போது கடினப் பாறைகள் அவ்வாறு அரிக்கப்படாமல் கடலை நோக்கி நீண்டு இருக்கின்றன. இவை நீட்டு நிலங்கள் (head lands) எனப்படும். நீட்டு நிலத்தின் இரு பக்கத்திலும் அலை முறிவு ஏற்பட்டு அலைகள் குவிந்து மோதுகின்றன. அப்போது அதன் இரு புறத்திலும் பெரிய துவாரம் ஏற்படுகிறது. இது கடற்குகை (sea cave) எனப்படும். கடற்குகைகள் படிப் படியாக உள் நோக்கியும், மேல் நோக்கியும் அரிக்கப்படுவதால் நீட்டு நிலத்தின் இரு புறத்திலுமுள்ள இவை இணைந்து குழாய் போன்ற அமைப்பை ஏற்படுத்துகின்றன. இவை மேலும் அரிக்கப்பட்டு பெரியதாகும் போது கடல் வளைவுகளாக (sea arches) மாறுகின்றன. கடல் வளைவின் ஒரு பகுதி நீட்டு நிலத்திலும், மற்றொரு பகுதி கடலிலும் இணைந்து ஒரு பாலம் போல் காணப்படுகிறது. எனவே இது இயற்கைப் பாலம்

(natural bridge) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. கடல் வளைவின் கீழ் கடல் நீரோட்டமும், அலை அரிப்பும் காணப்படுகின்றன.

கடல் வளைவுகள் மேலும் அரிக்கப்படும் போது அவற்றின் இடையான இணைப்புகள் உடைந்து விழுகின்றன. அப்போது நீட்டு நிலத்திலிருந்து கடல் வளைவின் மறுபகுதி பிரிந்து விடுகிறது. இவ்வாறு பிரிந்த பகுதி ஒரு தூணைப் போல் காட்சியளிக்கும். இது கடல் தூண் (stack) எனப்படும். நாளடைவில் கடல் தூணும் அலைகளால் அரிக்கப்பட்டு அகலுகிறது. ஆனால் அது இருந்த இடத்தில் பாறைகள் முழுமையாக அகற்றப்படாமல் சிறிது எஞ்சியிருக்கும். இது எஞ்சிய பாறை அல்லது (stump) எனப்படும்.



படம் 98. கன்னியாகுமரி கடற்கரை :
கிழக்கிலும் தெற்கிலும் கடற்கரை அமிழ்ந்துள்ளது. கடல் ஓங்கல்களும், பாறைகளும் இதற்கு சான்று. மேற்கு கடற்கரை கூட்டுப்பண்பை கொண்டுள்ளது. இங்கு மேலெழுந்த, அமிழ்ந்த பண்புகள் சேர்ந்து காணப்படுகின்றன.

இந்தியாவில் மேற்கு கடற்கரையில் மங்களூரிலிருந்து பம்பாய் வரை கடல் ஓங்கல்கள் நிறைந்து காணப்படுவதால்

அவற்றில் கடற்குகைகள், கடல் தூண்கள், கடல் வளைவுகள் அல்லது பாலங்கள், நீட்டு நிலங்கள், கடல் திடல்கள் ஆகியவையும் காணப்படுகின்றன.

அலைகளின் அரிப்பினால் கடற்கரை நிலத்தின் பக்கம் முன்னேறும் போது ஓங்கல்கள் தோன்றுவதால் நிலம் செங்குத்தான சரிவைக் கொண்டிருக்கும். இவ்வாறு முன்னேறும் கடற்கரைக்கு சரிவு மிகும் (retrogradation) கடற்கரை என்று பெயர். சரிவு மிகும் சமயத்தில் ஓங்கல் சிறிது சிறிதாக பின்னடைகிறது. ஓங்கல் பின்னடைதல் பாறையின் கடினத்தன்மைக்கு ஏற்ப மாறுபடுகிறது. அலைகளின் மாறுபட்ட அரிப்புத் தன்மையால் கடலோரத்தின் சிறு வளைவுகளும், பொந்துகளும் தோன்றுகின்றன. இவை சிறுகுடா (cove), பெருங்குடா (bight), விரிகுடா (bay) என பல்வேறு பெயர்களில் அழைக்கப்படுகின்றன. மஹாராஷ்டிரா மாநிலத்தின் கடலோரத்தில் இத்தகைய வளைவுகளும், சிறு குடாக்களும் காணப்படுகின்றன. விரிகுடாக்களும், ஓதமுகங்களும் தோன்றுவதற்கு அலையின் அரிப்பு எந்த அளவிற்கு காரணமாக உள்ளது என்பது தெரியவில்லை. ஆனால் நிலம் கீழ் நோக்கி அமிழ்ந்ததால் இவை ஏற்பட்டுள்ளன என்பது மட்டும் தெளிவாகிறது (படம் : 98).

கடற்கரையின் குறுக்குத் தோற்றம்
(Shore Profile)

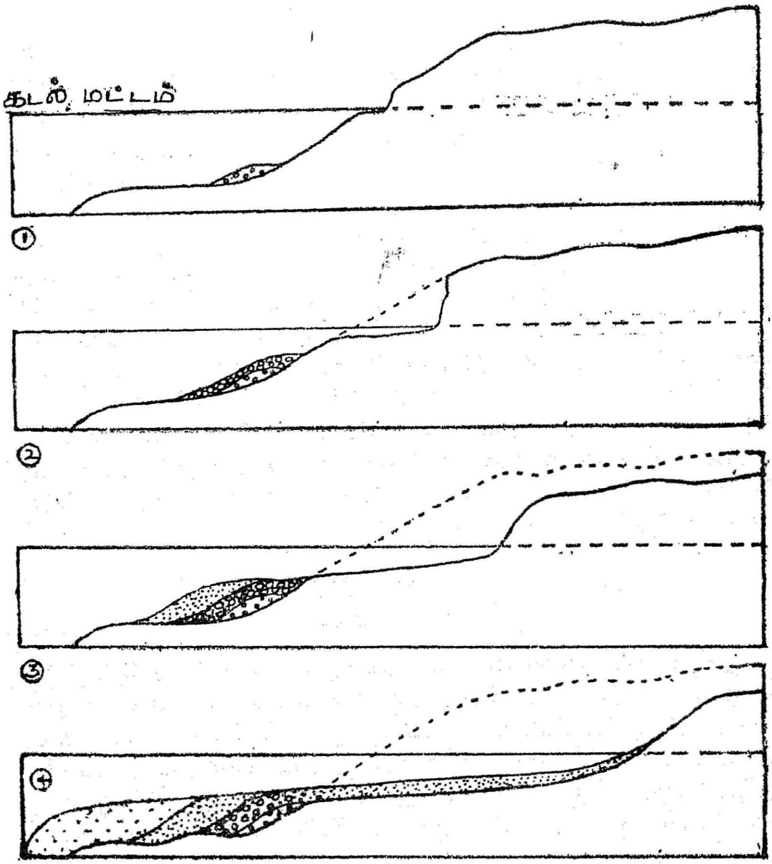
அலைகளின் அரிப்பினால் கடற்கரையின் குறுக்குத் தோற்றம் வெகுவாக பாதிக்கப்படுகிறது. கடலோர நிலம் கடலில் அமிழும் போது அலைகளின் அரிப்புக்கு எளிதில் இலக்காகிறது. அப்போது கடற்கரையின் குறுக்குத் தோற்றம் பல்வேறு மாறுதல்களை அடைகிறது. ஜான்சன் கடற்கரையின் குறுக்குத் தோற்ற வளர்ச்சியை ஒரு அரிப்புச்சக்கரமாக விளக்குகிறார் (படம் 99).

கடலில் அமிழ்கிற நிலம் முதலில் உயரமாகவும் ஒழுங்கற்றதாகவும் இருக்கிறது. அப்போது கடல் மட்டம் நீண்ட காலத்திற்கு மாறாமல் இருக்கிறது. நிலம் தாழும் போது அலைகள் நிலத்தின் உயர்ந்த பகுதிகளை எளிதில் அணுகுகின்றன. எனவே தொடக்கத்தில் கடற்கரையின் குறுக்குத் தோற்றம் அதிக சரிவு கொண்டதாகக் காணப்படுகிறது.

இளம் நிலை

அலைகள் யாதொரு தடையுமின்றி கடலோரத்தை அரிப்பதால் நீர் மட்டமும், நில மட்டமும் சந்திக்கிற இடத்தில் ஒரு

வெட்டுத்தடம் (notch) தோன்றுகிறது. ஓங்கள் தோன்றுவதற்கு இதுவே முதற்படியாகும். அரிப்பாலான பொருள்கள் கடலடி



படம் 99. கடற்கரையின் குறுக்குத் தோற்ற வளர்ச்சி:
1. தொடக்க நிலை, 2, 3. இளம் நிலை, 4. முதிர் நிலை.

தளத்தில் கடலடிக் குவியலாகப் (submarine talus) படிகின்றன. இச் செய்கை தொடர்ந்து நடைபெறும்போது ஓங்கல் மேலும் அரிக்கப்பட்டு பின்னடைகிறது. அது அகற்றப்பட்ட இடத்தில் அலை அரிப்பாலான பெஞ்சும், அரிப்பாலான மேடையும் தோன்றுகின்றன. இங்கு அரிக்கப்படும் பொருள்கள் கடலடித் தளத்தில் படிந்து அலை படிவிக்கும் திடல்கள் தோன்றுகின்றன. இப் படிவுகள் மென்மேலும் குவிந்து மேல்நோக்கி வளருகின்றன.

முதிர் நிலை

ஓங்கலின் அடிவாரம் மேலும் அரிக்கப்படுவதால் அது உயரத்தில் அதிகரித்துக்கொண்டு வருகிறது. படிவுச்சுமை சேர்ந்த போதிலும் அலைகளின் அரிப்புச் சக்தியும், கடத்தும் திறனும் குறைவதில்லை. எனவே ஓங்கள் மேலும் பின்னடைகிறது. இப்போது ஓங்கலின் அடிவாரத்திலுள்ள ஆழம் குறைந்த அலை அரிப்புத் திடலின் அகலமும், பரப்பளவும் அதிகரிக்கிறது. ஓங்கலின் அடிவாரம் அலைகளுக்கு எட்டாத தூரத்தில் அமைகிறது. எனவே ஓங்கலின் அடிவாரத்தை அணுக முடியாமல் அலைகளின் அரிப்புத்திறன் குறைகிறது. ஆனால் அலை அரிப்புத் திடலில் மட்டும் அரிப்பு தொடர்ந்து காணப்படுகிறது. இங்கு அரிக்கப்படும் பொருள்கள் கடத்தப்பட்டு கடலடித் தளத்தில் படிகின்றன, அதாவது இங்கு அரிப்புத் திறனும், சுமையும் சம நிலையில் இருக்கின்றன. இப்போது கடற்கரையின் குறுக்குத் தோற்றம் சமநிலையில் இருக்கிறது. அதாவது அரிக்கப்பட்ட ஓங்கல் முகப்பு உட் குழிந்த சரிவையும், அலை அரிப்பு மேடையிலுள்ள கடலடிப் படிவுகள் புறங்குவிந்த சரிவையும் கொண்டுள்ளன. இவ்விரண்டு சரிவுகளுக்கும் இடையிலுள்ள அலை அரிப்பு பெஞ்சு ஒரு தட்டையான அமைப்பைக் கொண்டிருக்கிறது. இத்தட்டையான அமைப்பு அலைகடத்தும் பொருள்களின் உராய்வினுல் ஏற்படுவதாகும். இதில் மெல்லிய படிவுகள் பல அடுக்குக்களாகக் காணப்படுகின்றன.

நாளடைவில் ஓங்கல் மேலும் பின்னடைந்து மென் சரிவைக் கொண்டிருக்கும். அலை அரிப்பாலான திடல் அகலமாகி அலை படிவித்த திடலுடன் இணைந்திருக்கும்.

அலை அரிப்பு நிலத்தின் விளிம்பில் மட்டுமே காணப்படுவதாலும், கடல் மட்டம் அடிக்கடி மாறிக் கொண்டிருப்பதாலும் முதுமை நிலத்தோற்றமாகிய சமநிலம் இங்கு தோன்றுவதற்கு வாய்ப்பில்லை.

கடலோர நிலத்தின் ஒரு குறுகிய பகுதி மட்டுமே கடல் அரிப்பால் பாதிக்கப்படுவதால் ஊல் ரிட்ஜும் (Wool ridge) மார்கனும் (Morgan) அலைகளின் அரிப்பை மரம் அறுக்கும் வாளுக்கும் (saw) ஆறு, காற்று ஆகியவற்றின் அரிப்பை உப்பு காகிதத்திற்கும் ஒப்பிடுகிறார்கள். வாளினுல் குறுகிய பகுதிதான் பாதிக்கப்படும். உப்பு காகிதத்தினுல் ஒரு பெரிய பரப்பு பாதிக்கப்படுகிறது.

அலை படிவித்தலால் தோன்றும் நிலத்தோற்றங்கள்

பீச்சு

பீச்சு (beach) என்பது அலை அரிப்பாலான பெஞ்சில் படிந்து காணப்படும் பெருந்துகள்களைக் கொண்ட ஒரு மெல்லிய அடுக்கைக் குறிக்கும். இதில் மணல், கூழாங்கற்கள் ஆகியவை காணப்படுகின்றன. இது ஒரு தற்காலிகப் படிவாகும். சில கடற்கரைகளில் பீச்சுகள் நூற்றுக்கணக்கான மைல் நீளத்திற்கு தொடர்ச்சியாகக் காணப்படுகின்றன. வளைவுகளைக் கொண்டுள்ள கரடு முரடான கடற்கரைகளில் இவை விரிகுடாக்களின் தலைப்பில் ஓரத்தில் படிந்து காணப்படுகின்றன. இவ்வாறு விரிகுடாவின் தலைப்பில் அமையும் பீச்சுக்கு விரிகுடா தலைப்பு பீச்சு (bay head beach) எனவும், பாக்கட் பீச்சு (pocket beach) எனவும், பிறைச் சந்திரன் பீச்சு (crescent beach) எனவும் பெயர்கள் உள்ளன.

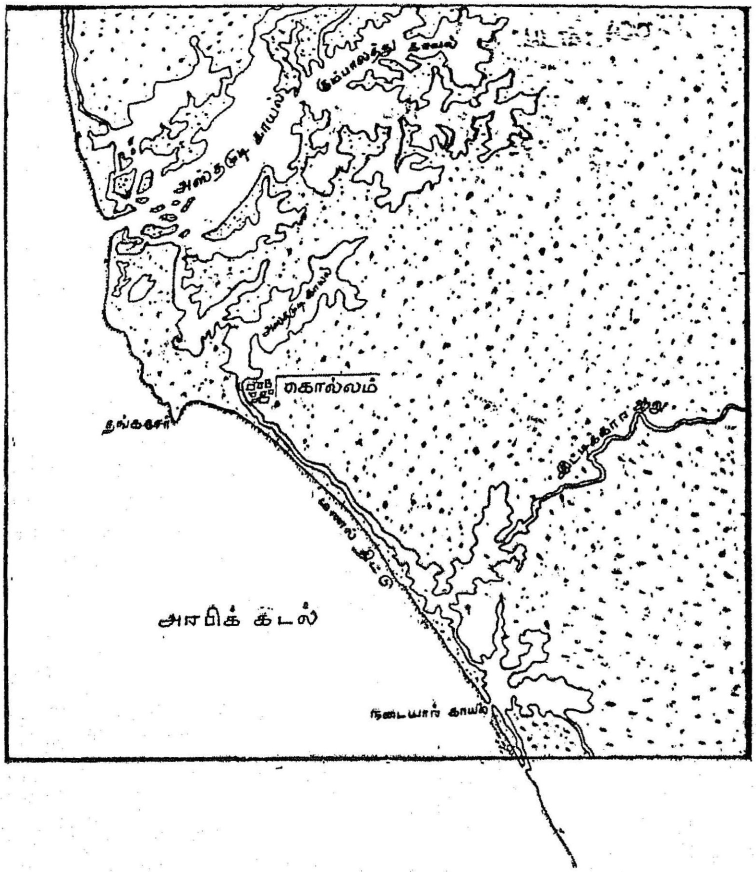
சில சமயம் நீட்டு நிலத்தின் முனையில் பாறைத் துகள்கள் படிந்து காணப்படுவதுண்டு. இது நீட்டு நில பீச்சு (head land beach) எனப்படும். நீட்டு நிலங்களைக் காட்டிலும் விரிகுடாக் களில் பீச்சுகள் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. ஏனெனில் நீட்டு நிலங்களில் அலைகள் குவிந்து மோதுவதால் அங்கு அரிப்பு ஏற்பட்டு படிவுகள் யாவும் கடத்தப்படுகின்றன. ஆனால் விரி குடாக்களில் அலைகள் விரிந்து (diverge) செல்வதால் கடத்தப் படும் பொருள் அங்கு படிகின்றன. இதைத் தவிர கரை ஒட்டிய நீரோட்டங்களும் பீச்சு பொருள் நகர்வும் (beach drifting) விரி குடாக்களில் மணல் துகள்களைப் படிவிக்கின்றன.

பீச்சு படிவுகள் எல்லா பருவத்திலும் ஏற்பட்டபோதிலும் புயல் காலங்களில் மிகக் குறைவாகவே காணப்படுகின்றன. அமைதியான பருவத்தில் படிவுகள் அதிகமாகக் குவிகின்றன. சுனாமி போன்ற பெரும் புயலின்போது படிவுகள் கரையை நோக்கியோ அல்லது கரையிலிருக்கும் படிவுகள் கடலை நோக்கியோ கடத்தப்படுகின்றன. இவ்வாறு கடத்தப்பட்டு தோன்றும் பீச்சுகளுக்கு புயல் பீச்சுகள் (Storm beach) என்று பெயர். இவையாவும் தற்காலிகமானவையே.

பீச்சு படிவுகள் நிலத்திலிருந்தும் கடலிலிருந்தும் பெறப் படுகின்றன. இதில் பெரும்பகுதி நிலத்திலிருந்து ஆறுகள் கடத்துவதாலும், நிலச்சரிவினாலும். ஓங்கல் வாணிலைச் சிதைவு அடைவதாலும், நீர் வழிதலாலும் தோன்றுகிறது. இருப்பினும் அலைகளால் கடலிலிருந்து கூழாங்கல், சுண்ணாம்புக்கல் ஆகிய

வற்றை நிலத்திற்கு கடத்தப்பட்டு தோன்றிய பீச்சுகள் உலகின் பல பாகங்களில் காணப்படுகின்றன.

இந்தியாவில் கிழக்கு கடற்கரை தாழ்வாக உள்ளதால் இங்கு பீச்சுகள் மிகப் பரவலாகவும், பெரிதாகவும் காணப் படுகின்றன. மேற்கு கடற்கரையில் சரிவு அதிகமுள்ளதால் குறிப்பாக மங்களூரிலிருந்து டாமன் வரை பீச்சு காணப்பட வில்லை. இங்கு பம்பாயிலிருந்து ரத்னகிரி வரையிலான கடற் கரையில் காணப்படும் விரிகுடாக்கள், சிறு குடாக்கள், ஆகிய



படம் 100. கேரளாவிலுள்ள கூட்டுக் கடற்கரை.

வற்றில் விரிகுடா தலைப்பு பீச்சு, பாக்கட் பீச்சு, பிறைச்சந்திரன் பீச்சு ஆகியவை காணப்படுகின்றன (படம் : 100).

கிழக்கு கடற்கரையில் கங்கை முகத்துவாரம் முதல் கன்னியாகுமரி வரை டெல்டாப் பகுதிகளில் மட்டும் பீச்சுப் படிவு காணப்படவில்லை. இங்கு களிமண், சேற்றுப்படிவு ஆகியவையே மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. எனவே கங்கை, கோதாவரி, கிருஷ்ணு ஆகிய டெல்டாக்களில் பொதுவாக பீச்சு காணப்படவில்லை. ஆனுல் மஹாநதியிலும் காவிரியிலும் பீச்சுப் படிவுகள் காணப்படுகின்றன. இந் நதிகளில் கிளை நதிகள் குறைவாக இருப்பதாலும் அடிக்கடி வெள்ளம் ஏற்படாததாலும் நுண்ணிய வண்டல் அங்கு படியாமல் இருக்கிறது. எனவே பெருந்துகள் கொண்ட பீச்சு படிவுகள் அங்கு காணப்படுன்றன.

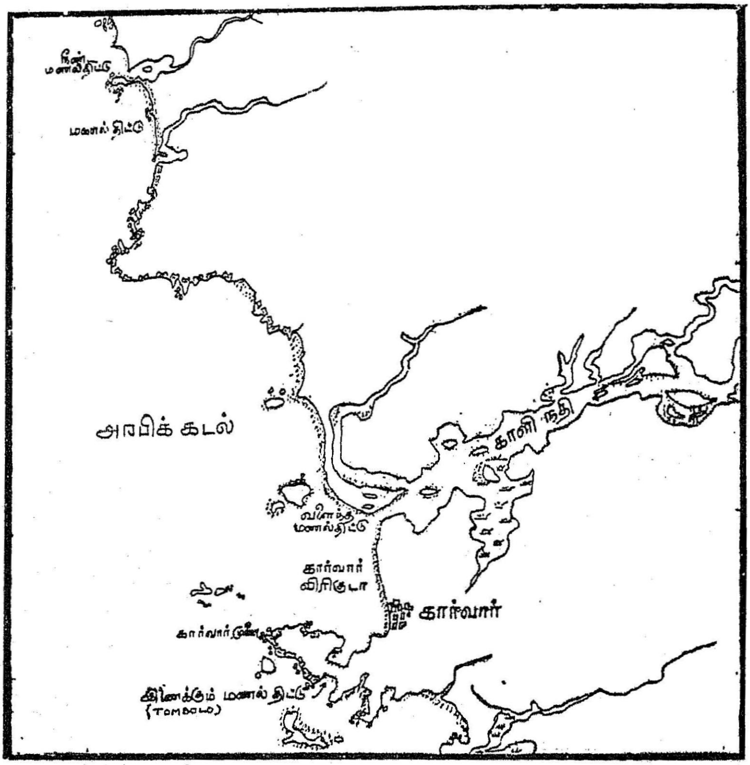
மணல் திட்டுகள் (Bars)

மணல், சரளைக்கல் போன்றவை அலைகளாலும் நீரோட்டங்களாலும் கடத்தப்பட்டு கடலடி தளத்தில் படிவதால் மணல் திட்டு (sand bar) தோன்றுகிறது. இது கடலில் அமிழ்ந்தோ அல்லது கடலுக்கு மேல் எழும்பியோ காணப்படும்.

மணல் திட்டுகளின் அமைப்பையும் இருப்பிடத்தையும் பொருத்து அவை பல்வேறு பெயர்களில் அழைக்கப்படுகின்றன. மணல் திட்டின் ஒரு முனை நிலத்தோடு இணைந்தும் மறு முனை கடலை நோக்கி நீண்டும் காணப்பட்டால் அது நீண்ட மணல் திட்டு (spit) எனப்படும். இது பொதுவாக ஒரு நேர்கோட்டில் கடலோரத்திற்கு இணையாகக் காணப்படுகிறது. ஆனுல் நீரோட்டங்கள் நிலத்தை நோக்கி பாயும் பகுதிகளில் நீண்ட மணல் திட்டு நீரோட்டத்தின் திசைக்கு ஒப்ப வளைந்து காணப்படுகிறது. இது வளைந்த மணல் திட்டு (recurved spit or hook) எனப்படும். சில சமயங்களில் நீட்டு நிலத்தின் இரு பக்கங்களிலும் நீண்ட மணல் திட்டுகள் இறக்கைகள் போல் வளர்ந்து காணப்படுகின்றன. அப்போது அந் நீட்டு நிலம் இறக்கை கொண்ட நீட்டு நிலம் (wigned head land) எனப்படும்.

நீண்ட மணல் திட்டின் (spit) இரு முனைகளும் நிலத்தோடு இணைக்கப்பட்டிருந்தாலும் அது மணல் திட்டு (bar) என்றே அழைக்கப்படுகிறது (படம்: 101). ஓத முக நீரோட்டங்களால் மணல் திட்டில் ஆங்காங்கே இடைவெளி காணப்படுகிறது. விரிகுடாவின் குறுக்கே சில சமயம் மணல்திட்டு வளர்ச்சி பெறுகிறது. இது விரிகுடா தலைப்பு மணல் திட்டு (bay head bar), விரிகுடா வாய் மணல்திட்டு (bay mouth bar) போன்ற பல பெயர்களில் அவற்றின் இருப்பிடத்திற்கு ஏற்ப அழைக்கப்படுகிறது. சில சமயங்களில் மணல் திட்டு ஒரு வளையம் போல் ஒரு தீவுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதற்கு வளைய மணல் திட்டு

(looped bar) என்பது பெயர். நிலத்திலிருந்து வளரும் இரு மணல் திட்டுகள் கடற்கரைக்கப்பால் குவிந்து இணைகின்றன.



படம் 101. கர்நாடக மாநிலத்தில் வடக்கு கனராவிலுள்ள அமிழ்ந்த கடற்கரையும், மணல் திட்டுகளும்.

இவை கூரிய மணல் திட்டுகள் (cuspate bars) எனப்படும். சில இடங்களில் நிலத்திலிருந்து வளர்ந்து செல்லும் நீண்ட மணல் திட்டுகள் அருகிலுள்ள தீவுகளில் இணைவதுண்டு. இவை இணைக்கும் மணல் திட்டுகள் (tombolos) எனப்படும். கடலோரத்திலிருந்து முழுமையாக பிரிந்து விட்ட மணல் திட்டுகள் கரையை அடுத்த மணல் திட்டுகள் (off shore bars) எனப்படும். தற்போது கரையை அடுத்த மணல் திட்டிற்கு (off shore bar) மணல் தடை (barrier) என்ற பெயர் தரப்பட்டுள்ளது. இம் மணற்றடையை அடுத்து காயல்கள் (lagoon) காணப்படுகின்றன. இவை கடற்கரை மேலெழுந்ததைக் காட்டுகின்றன.

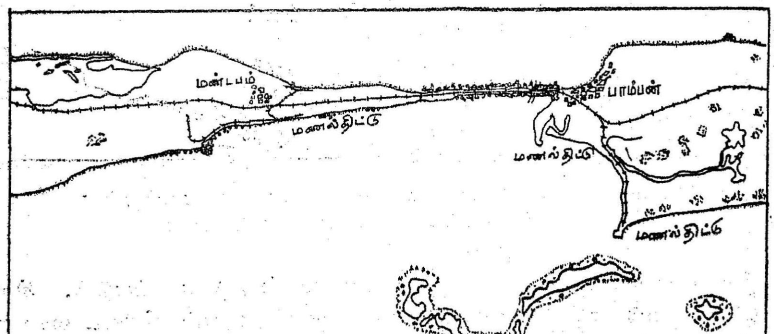
மணல் திட்டுகளின் தோற்றம்

ஜான்சனின் கருத்துப்படி மணல் திட்டுகள் கடலோர நீரோட்டங்கள் பாறைத் துகள்களைக் கடத்திக் கொண்டுவந்து கடலடித் தளத்தில் படிவிப்பதால் தோன்றுகின்றன. ஜான்சன் இந் நீரோட்டங்களை அலை நீரோட்டங்கள் (wave currents) என்கிறார். இவை கடற்கரையில் சாய்வாக வந்து சேருகிற அலைகளால் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன.

லூயிஸ் (Lewis) கருத்துப்படி மணல் திட்டுகள் தோன்றுவதற்கு புயல் காலத்தில் தோன்றுகிற சாய்வான அலைகளே முக்கிய காரணமாகும்.

இந்திய கடற்கரைகளில் மணல் திட்டுகள்

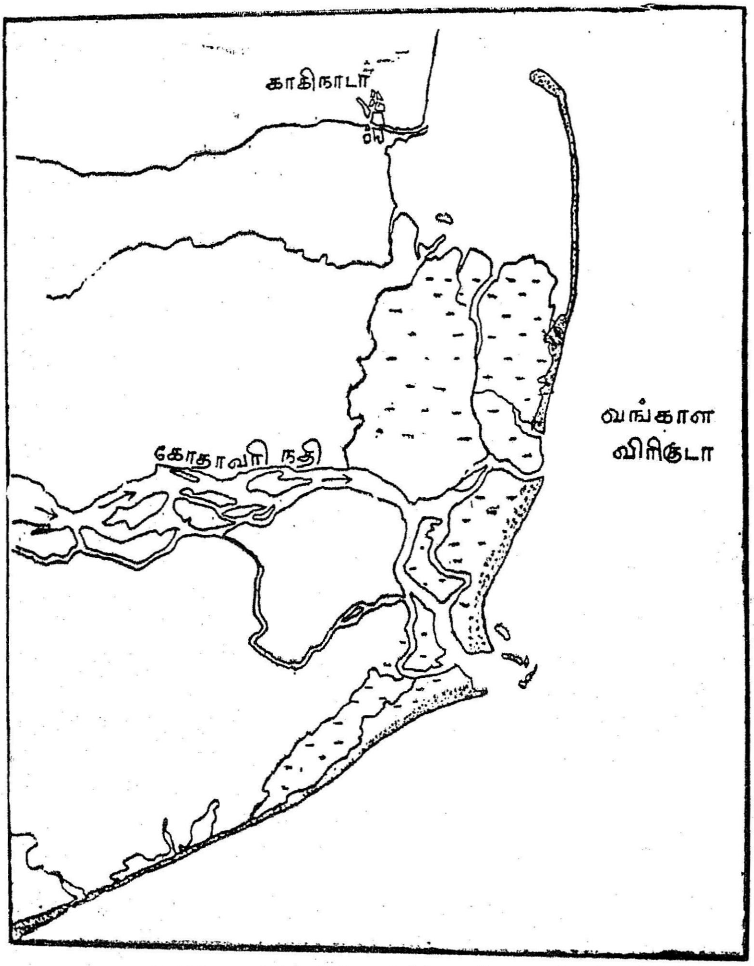
இந்தியாவில் கிழக்கு கடற்கரை முழுவதும் மணல் திட்டுகள் காணப்படுகின்றன. இவை மகாநதி கோதாவரி, அடையாறு போன்ற ஆறுகளின் முகத்துவாரத்தில் படிந்து பாதுகாப்புடன் உள்ளன. கிருஷ்ணு நதி டெல்டாவுக்கு தெற்கில் தோன்றி கோடிக்கரை வரை ஒரு நீண்ட மணல்திட்டு (barrier or off shore bar) காணப்படுகிறது. இது காயல் (lagoon) களினாலும், பகிங்காம் கால்வாய் (Buckingham canal) போன்ற கால்வாய் களினாலும் நிலத்திலிருந்து பிரிக்கப்பட்டுள்ளது (படம்: 102,103).



படம் 102. தமிழ்நாட்டில் மண்டபமும், பாம்பன்தீவும் மணல் திட்டுக்களால் சூழப்பட்டுள்ளன.

கடலோர நீண்ட மணல் திட்டுகளை அடுத்து காயல்கள் காணப்படுகின்றன. இவை கடற்கரை மேலெழுந்ததை உணர்த்துகின்றன. இதற்கு சிறந்த உதாரணமாக சென்னைக்கு அருகிலுள்ள பழவேற்காடு ஏரி (Pulicate Lake), மகாநதிக்கு தென் மேற்கே உள்ள சில்கா ஏரி (Chilka Lake) ஆகியவற்றைக் குறிப்பிட

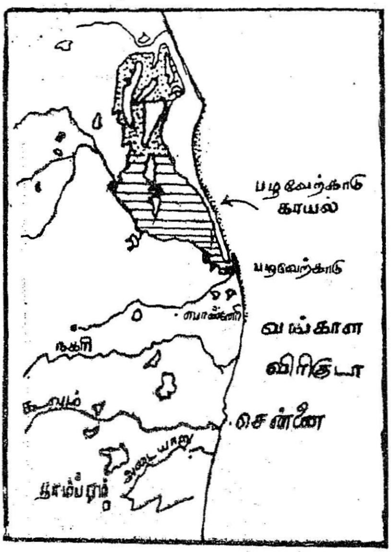
லாம். பழவேற்காடு ஏரி ஒரு உப்பங்கழி ஏரியாகும்; இது வங்காள விரிகுடாவிலிருந்து ஒரு நீண்ட மணல் திட்டினால் பிரிக்கப்பட்டிருக் கிறது. கடல் ஏற்றவற்றத்தின் போது இதில் நீர் வந்து சேரு



படம் 103. ஆந்திர பிரதேசத்தில் காகிநாடாவிலுள்ள வளைந்த மணல் திட்டு.

கிறது. பின்பு பின்னடைகிறது. இது சுமார் 80 கி.மீ. நீளமும் 3-18 கி.மீ. அகலமும் கொண்டுள்ளது. இதற்குப் பாதுகாப்பாக உள்ள மேற்கூறிய நீண்ட மணல் திட்டு கடலடித் தளத்திலிருந்து வளர்ந்துள்ளது.

பழவேற்காடு ஏரிக்குள் பல சிறிய ஏரிகள் காணப்படுகின்றன (படம்: 104). இதே போல் எண்ணூருக்கு அருகிலும், மகாபலிபுரத்திற்கு அருகிலும் பல உப்பங்கழிகள் உள்ளன. இவற்றில் மிகுதியான அளவுக்கு வண்டல் படிந்து காணப்படுகிறது.



படம் 104. பழவேற்காடு காயல்.

சென்னைக்கும் பாண்டிச்சேரிக்கும் இடையில் மணல் திட்டு குறுகலாகி விடுகிறது. அங்கு அது 1.5 கி.மீ. முதல் 2 கி.மீ. அகலம் மட்டுமே கொண்டுள்ளது.

கிழக்கு கடற்கரையில் காவிரி டெல்டாவைத் தவிர வேறெந்த டெல்டாவிலும் மணல்திட்டு (off shore bar) காணப்படவில்லை. இங்கு நிலத்தை நோக்கி வீசும் வடகிழக்குபருவகாற்று அலைகளின் திசையை மாற்றுவதால் இம்மணல் திட்டு வளர்ச்சி பெறுகிறது. ராமேஸ்வரம் தீவு ஒரு மணல் திட்டு ஆகும். இங்கு கடற்கரைக்கப்பால் உள் நாட்டில் சுமார் 10 கி.மீ. வரை கடற் படிவுகளினுலும், காற்று படிவுகளினுலும் தோன்றிய மணற் குன்றுகள் காணப்படுகின்றன. தாழ்ந்த நீர்மட்ட காலத்தில் (low water season) காற்றின் செய்கையால் இவை தோன்றியுள்ளன. தமிழ்நாட்டில் திருநெல்வேலி கடற்கரையிலும், மகாபலிபுரத்திலும் இத்தகைய மணற் குன்றுகள் காணப்படுகின்றன. இவை 30-65 மீட்டர் வரை உயர்ந்து காணப்படுகின்றன. இப்பிரதேசத்திற்கு தேரி (Teri) என்று பெயர்.

கிழக்கு கடற்கரையில் ஹூக்ளியிலிருந்து கிருஷ்ணு நதிவரை எண்ணற்ற நீண்ட மணல் திட்டுகள் (Spit) காணப்படுகின்றன. தூத்துக்குடிக்கு அருகில் மன்னுர் வளைகுடாவில் ஒரு நீண்ட மணல் திட்டு காணப்படுகிறது. சென்னைக்கு வடக்கே பெண்ணை நதியில் நீண்ட மணல் திட்டுகள் வளர்ச்சி பெற்று வருகின்றன.

மேற்கு கடற்கரையில் ரத்னகிரியிலிருந்து கன்னியாகுமரி வரை பல நீண்ட மணல் திட்டுகள் காணப்படுகின்றன. கர்நாட

கத்தில் உடுப்பியிலிருந்து கூண்டபூர் (coondapur) வரை மணல் திட்டு நன்கு வளர்ச்சி பெற்றுள்ளன. கேரளாவில் எர்ணுகுளம் அருகில் பெரியார் நதியின் முகத்துவாரத்தில் உள் நோக்கி வளைந்த நீண்ட மணல் திட்டுகள் காணப்படுகின்றன.

கடலோரத்தின் வகைகள்
(Classification of Coasts)

ஆஸ்திரியாவைச் சார்ந்த சூயெஸ் (Suess) என்ற அறிஞர் கடலோரங்களை பசிபிக்வகை (Pacific type) என்றும், அட்லாண்டிக் வகை (Atlantic type) என்றும் இரு வகைகளாகப் பிரித்தார்.

பசிபிக் வகையில் கடலோரங்கள் இளம் மடிப்பு மலைத்தொடர்களுக்கு இணையாகக் காணப்படுகின்றன. அதாவது கடலோரமும் அதற்கு அருகிலுள்ள மலைத்தொடரும் ஒன்றுக்கொன்று இணையாகக் காணப்படும். கடலோரத்தில் இணையாக அமைந்த மலைத்தொடர்கள் மூழ்கும்போது இத்தகைய கடலோரம் தோன்றுகிறது. பசிபிக் கடலைச் சுற்றியுள்ள கடலோரங்கள் இந்த அமைப்பை பெற்றுள்ளமையால் இவ்வகைக்கு பசிபிக்வகை என்று பெயர். இதனை டால்மேஷியன் (Dalmatian) வகை என்றும் கூறுவர்.

அட்லாண்டிக் வகையில் கடலோரங்கள் மலைத் தொடர்களுக்கு குறுக்காக (transverse) அமைந்துள்ளன. அதாவது கடலோரத்திற்கு செங்குத்தாக அமைந்திருக்கும் மலைத்தொடர்களும் ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்குகளும் மூழ்கும்போது இத்தகைய கடலோரம் தோன்றுகிறது. இந்த வகையில் நீண்ட குன்றுகளும் பள்ளத்தாக்குகளும் ஏறக்குறைய கடலோரத்திற்கு செங்கோண திசையில் அமைந்துள்ளன. இதில் பள்ளத்தாக்குகளின் மூழ்கிய பகுதி புனல் வடிவத்தில் அமைந்துள்ளது. மூழ்கியதற்கான சான்றை மேப்பிலுள்ள கடலடி கான்டூர்களின் (submarine contours) மூலம் அறியலாம். அட்லாண்டிக் கடலைச் சுற்றியுள்ள கடலோரங்கள் இந்த அமைப்பை பெற்றுள்ளதால் இதற்கு அட்லாண்டிக் வகை என்று பெயர். இதனை ரியா (Ria) கடலோரம் என்றும் கூறுவர்.

மேற்கூறிய வகைகளையும் சேர்த்து கடலோரங்களை பொதுவாக ஐந்து வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின் வருமாறு :

(1) பசிபிக் வகைக் கடலோரம்: இதில் கடலோரம் மலை களுக்கு இணையாகச் செல்கிறது.

உதாரணம்: வட - தென் அமெரிக்காவின் மேற்கு கடலோரங்கள்.

(2) அட்லாண்டிக் வகைக் கடலோரம்: இதில் கடலோரம் மலைகளுக்கு செங்குத்தாக செல்கிறது.

உதாரணம்: ஆப்ரிக்க - ஐரோப்பிய கடலோரங்கள்

(3) பிளவு பிண்டக் கடலோரம் (Fault block coast): இவை பழமையான கேடயம் போன்ற பீடபூமிகள் பிளவுபட்டுத் தோன்றிய கடலோரங்களாகும்.

உதாரணம்: ஆப்ரிக்கா, அரேபியா, இந்தியா, பிரேஸில். இந்தியாவில் மேற்கு கடற்கரை சயாத்திரி (Sahyadris) மலையின் செங்குத்தான மேற்கு சரிவு அரபிக்கடல் தளம் பிளவுபட்ட கீழ் நோக்கி சரிந்ததால் ஏற்பட்டுள்ளதாக நில அறிஞர்கள் கருதுகிறார்கள்.

(4) மடிப்பு மலைகளால் தோன்றிய மலையிடைப் பள்ளம் பிளவுபட்டு தோன்றிய கடலோரம்:

உதாரணம்: மேற்கு மத்திய தரைக்கடல், ஜப்பான் கடல்.

(5) வண்டல் கடற்கரை: இவை வண்டல் படிவுகள் குவிந்ததால் தோன்றியவை.

உதாரணம்: அமெரிக்க தென்கிழக்கு கடலோரம்: இந்தியாவில் கிழக்கு கடற்கரை வண்டல் படிவு களாலும், கடல் நீரோட்டங்களாலும் வளர்ச்சி பெற்றுள்ளது. இக் கடற்கரையில் மகாநதி, கோதாவரி, கிருஷ்ணா, காவிரி ஆகிய நதிகளின் டெல்டாக்கள் காணப்படுகின்றன. ஆங்காங்கே டெர்ஷியரி கடல் படிவுகளும் காணப்படுகின்றன.

கடற்கரை வகைகள்
(Classification of shore lines)

கடற்கரைகளை பல்வேறு அடிப்படைகளில் வகைப்படுத்த லாம். கடற்கரையின் வளைவு தன்மை, அமைப்பு, சரிவு, இடம் பெயர்தல், தோற்றம் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் அவை வகைப்படுத்தப்படுகின்றன,

கடற்கரைகளை வகைப்படுத்துவதில் எளிமையாகவும், பலரால் ஒப்புக் கொள்ளக்கூடியதாகவும் இருப்பது ஜான்சனின் முறையாகும்.

ஜான்சன் கடற்கரைகளை நான்கு முக்கிய வகைகளாகப் பிரித்துள்ளார். அவை (1) அமிழ்ந்த கடற்கரை (2) மேலெழுந்த கடற்கரை (3) நடுநிலைக் கடற்கரை (4) கூட்டுக் கடற்கரை என்பதாகும்.

(1) அமிழ்ந்த கடற்கரை

இத்தகைய கடற்கரை நிலம் தாழ்வதாலோ அல்லது கடல் மட்டம் உயர்வதாலோ ஏற்படுகிறது.

இந்தியாவில் மேற்கு கடற்கரையை ஆராய்ந்தால், வடக்கிலிருந்து தெற்கு வரை அதாவது கொங்கன் பகுதியிலிருந்து கர்நாடகம் வரை கடலோரம் கீழ் நோக்கி அமிழ்ந்துள்ளது தெரிய வருகிறது. கீழ்நோக்கி அமிழ்ந்ததற்கான சான்றுகளான அமிழ்ந்த காடுகள் பல பம்பாய்க்கு அருகிலுள்ள தீவுகளின் கிழக்குக் கடற்கரைகளில் காணப்படுகின்றன. இது தவிர மூழ்கிய ஆறுகளும் ஓத முகங்களும் காணப்படுகின்றன. கிழக்கு கடற்கரை முழுவதும் மேலெழுந்ததாகக் கருதப்பட்டாலும் சென்னை, ராயபுரம், மகாபலிபுரம், தஞ்சாவூர், காவிரிப்பூம்பட்டிணம் ஆகிய பகுதிகளில் கடற்கரை அமிழ்ந்ததற்கான தொல் பொருள் சான்றுகள் உள்ளன.

அமிழ்ந்த கடற்கரைகளை மேலும் மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

(a) தாழ்நிலம் அமிழும் போது ஆறுகளின் முகத்துவாரத்தில் ஓத முகங்கள் அல்லது ஏற்றவற்றங்கள் தோன்றுகின்றன. இவை ஓதமுக கடற்கரை (estuarine coast) எனப்படும். இது அகலமாகவும் ஆழம் குறைந்தும் நிலத்தின் திசையில் குறுகியும் செல்கிறது. இத்தகைய கடற்கரைகள் கிழக்கு இங்கிலாந்து, வடக்கு ஜெர்மனி, இந்தியாவில் பம்பாய், கர்நாடகம் ஆகிய பகுதிகளிலுள்ள கடலோரங்களில் காணப்படுகின்றன.

(b) உயர் நிலம் அமிழும்போது பள்ளத்தாக்குகளின் முகத்துவாரத்தில் புனல் வடிவ நுழைவு (inlet) காணப்படுகிறது. இந்நுழைவுகள் நிலத்திற்குள் செல்லச்செல்ல ஆழம் குறைந்தும் அகலம் குறைந்தும் காணப்படுகின்றன. கோவாவுக்கு வடக்கிலும் தெற்கிலும் சயாத்திரி (Sahyadris) மலைகளின் நீட்டு

நிலங்கள் கடலுக்குள் அமிழ்ந்துள்ளன. கோவாவுக்கு அருகில் டெல்டாக்கள் ஓரளவு காணப்பட்டாலும் இங்கு அகலமான ஓத முகங்கள் காணப்படுவதால் இது ரியா கடற்கரை வகையைச் சார்ந்துள்ளது. பனியாற்று பள்ளத்தாக்குகள் மூழ்குவதால் தோன்றும் கடற்கரை ஃபியர்டு (Fiord) கடற்கரை எனப்படும்.

(c) இணையான மலைத்தொடர்கள் மூழ்கும்போது கடலோரத்தை அடுத்துள்ள மணல் திட்டுகளும் தீவுகளும் டால்மேஷியன் கடற்கரை, ஏட்ரியாடிக் கடல், பர்மாவிலுள்ள அரக்கான் கடல் ஆகியவற்றில் காணப்படுகின்றன. இது டால்மேஷியன் கடற்கரை எனப்படும்.

(2) மேலெழுந்த கடற்கரை

நிலம் மேலெழுவதாலோ அல்லது கடல் மட்டம் குறைவதாலோ மேலெழுந்த கடற்கரைகள் தோன்றுகின்றன. இதில் மேலும் இரு வகைகள் உள்ளன.

(a) **சரிவு குறைந்த சீரான கடற்கரை:** இதில் படிவுகள் விரைவாக சேர்ந்து மணல் திட்டுகளும் காயல்களும் தோன்றுகின்றன. மலபார் கடலோரம் ஒரு மேலெழும் கடற்கரையாகும். கேரளா கடற்கரையில் டெரிஸ் (teris) எனப்படும் மணல் திட்டுகளும், மணல் மேடுகளும் (கோவளம் தவிர) காணப்படுகின்றன. இம் மணல் மேடுகளினால் கடல் நீர் தேங்கி உப்பங் கழிகளும் காயல்களும் தோன்றியுள்ளன. கிழக்கு கடற்கரையில் மணல் பீச்சுகளும், கூழாங்கல் பீச்சுகளும் காணப்படுகின்றன. இக் கடற்கரை குறிப்பிடத்தக்க அளவில் நேராக காணப்படுகிறது. உட்கல் (utkal) கடற்கரையிலுள்ள பீச்சு குன்றுகள் கடற்கரை மேலெழுந்ததை எடுத்துக் காட்டுகின்றன. கிழக்கு கடற்கரையிலுள்ள பழவேற்காடு ஏரி (Pulicat Lake) சில்கா ஏரி (Chilka Lake) ஆகிய காயல்கள் கடலோர மணல் குன்றுகளை அடுத்து காணப்படுவதால் இக் கடற்கரை மேலெழுந்ததென முடிவு கொள்கிறோம்.

(b) **சரிவு மிகுந்த கரடு முரடான கடற்கரை:** மலைப்பாங்கான கடலோரம் மேலெழும்போது சரிவு மிகுந்த கடற்கரை தோன்றுகிறது. இத்தகைய பகுதிகளில் மேலெழுந்த பீச்சுகளும் (raised beaches) மேலெழுந்த ஓங்கல்களும் காணப்படுகின்றன. இவையாவும் தற்போதைய கடற்கரை மட்டத்தைவிட உயரத்தில் அமைந்திருக்கும். கிழக்கு ஸ்காட்லாந்து, வடக்கு வேல்ஸ், இந்தியாவின் மேற்கு கடற்கரை போன்றவற்றில்

இத்தகைய கடற்கரைகள் காணப்படுகின்றன. மேற்கு கடற்கரையில் மேலெழுந்த பீச்சுகளும், கடல் அரிப்பாலான சமநிலங்களும் சுமார் 30–91 மீட்டர் உயரத்தில் அமைந்துள்ளன. கடலரிப்பாலான மேடைகள் கர்நாடக கடற்கரையில் சுமார் 60 மீட்டர் உயரத்தில் காணப்படுகிறது. கர்நாடக மாநிலத்தில் சுமார் 60 மீட்டர் உயரத்தில் இம் மேடைகள் காணப்படுகின்றன.

(3) நடுநிலைக் கடற்கரை (Neutral shore line)

கடல் மட்டத்திலோ அல்லது நீர் மட்டத்திலோ சமீபத்தில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாமல் இருக்கிற பகுதிகளில் நடுநிலைக் கடற்கரைகள் தோன்றுகின்றன. அதாவது நிலம் கீழ்நோக்கி அமிழ்வதாலோ அல்லது மேல் நோக்கி எழுவதாலோ இக் கடற்கரை தோன்றுவதில்லை. இதற்கு மாறாக புதிய படிவுகள் கடலை நோக்கி வளர்ச்சி பெறுவதால் இது தோன்றுகிறது.

நடுநிலைக் கடற்கரையை மேலும் பல பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

(a) டெல்டா கடற்கரை

(b) எரிமலைக் கடற்கரை

(c) பவழப்பாறை கடற்கரை

(d) பனியாற்று வண்டல் கடற்கரை

(e) வண்டல் சமவெளி கடற்கரை

(f) பிளவு கடற்கரை

(4) கூட்டுக் கடற்கரை

மேற்கூறிய வகைகளில் இரண்டு அல்லது மூன்று வகைகள் சேர்ந்தாற்போல் காணப்பட்டால் அது கூட்டுக் கடற்கரை (Compound shore line) எனப்படும்.

பிளைஸ்டோசீன் காலத்தில் நீர் மட்டம் மாறிக்கொண்டிருந்ததால் கடற்கரை தோற்றத்தில் அமிழ்ந்த பண்புகளும் மேலெழுந்த பண்புகளும் சேர்ந்தே காணப்பட்டன. எனவே, ஜான்சனின் இவ்வகைப் படுத்துதலுக்கு ஷெப்பர்டு (Shepard) போன்றவர்கள் எதிர்ப்பு தெரிவித்தனர். புவியிலுள்ள கடற்கரைகள் பெரும்பாலானவற்றில் அமிழ்ந்ததற்கு மட்டுமல்லாமல் மேலெழுந்த

தற்கான சான்றுகளும் உள்ளன. எனவே, ஜான்சனின் வகைப் படுத்துதல் முறைப்படி எல்லா கடற்கரைகளும் கூட்டுக் கடற் கரைகளாகின்றன. இது தவிர நடுநிலைக் கடற்கரையாக வகைப் படுத்தப்பட்டுள்ள டெல்டா கடற்கரை பல இடங்களில் அமிழ்ந்த கடற்கரையாக உள்ளது. பனியாறு உருகுவதாலும் உறைவ தாலும் ஏற்படும் கடல்மட்ட வேறுபாட்டினுல் எல்லா கடற்கரை களுமே மேலெழுந்த பண்புகளையும் அமிழ்ந்த பண்புகளையும் கொண்டுள்ளன.

கடற்கரையின் வளர்ச்சி சக்கரம்

கடற்கரைகளை வகைப்படுத்திய ஜான்சன் அதன் அடிப் படையில், அமிழ்ந்த கடற்கரை, மேலெழுந்த கடற்கரை ஆகிய வற்றின் வளர்ச்சி சக்கரத்தை விளக்கியுள்ளார். ஜான்சனின் கடற்கரை வளர்ச்சி சக்கரம், டேவிஸின் இயல்பான அரிப்பு சக்கரத்திற்கு ஒப்பாக உள்ளது. இதனைப் பின்வரும் பகுதியில் பார்ப்போம்.

அமிழ்ந்த கடற்கரையின் வளர்ச்சி

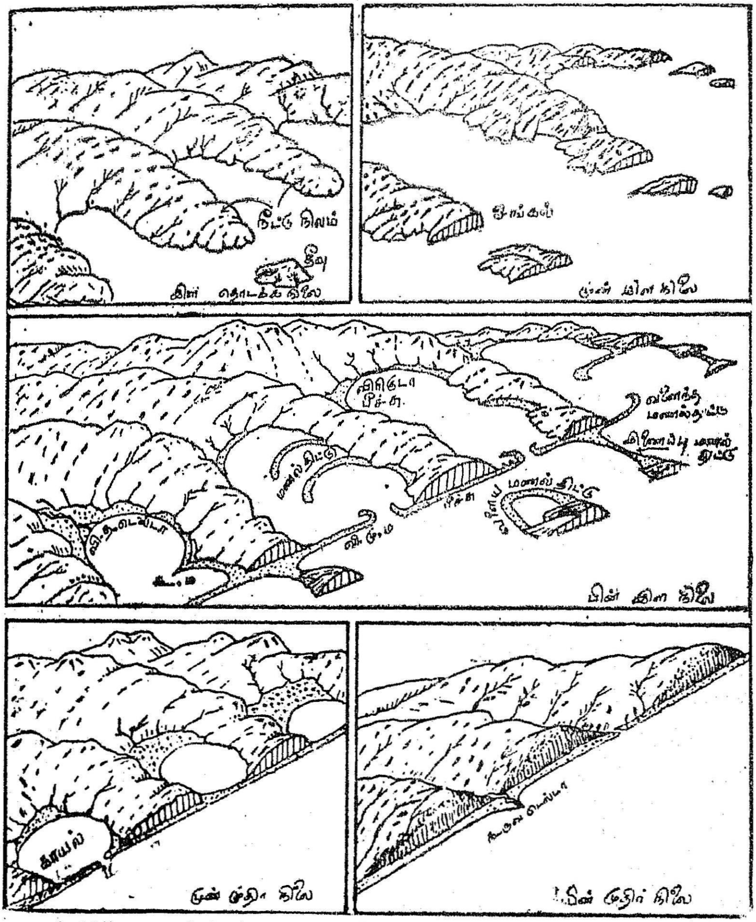
தொடக்க நிலை

அமிழ்ந்துவரும் கடற்கரை தொடக்கத்தில் மிகவும் ஒழுங் கற்றதாக இருக்கிறது. கடலோரத்திலுள்ள ஆற்றுப் பள்ளத் தாக்குகளும் பனியாற்று பள்ளத்தாக்குகளும் படிப்படியாக மூழ்கி விடுகின்றன. ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கு மூழ்கும் போது ரியா கடற் கரையும், பனியாற்றுப் பள்ளத்தாக்கு மூழ்கும்போது ஃபியர்டு கடற்கரையும் தோன்றுகிறது. கடலோரம் மூழ்குவதால் முக்கிய ஆற்றுடன் சேரும் துணை ஆறுகள் அதிலிருந்து துண்டிக்கப்படு கின்றன. ஆற்றிடைக்குன்றுகள் நீட்டு நிலங்களாக கடலை நோக்கி உள்ளன. நீட்டு நிலங்களின் ஒரு பகுதி கடலில் மூழ்குவதால் தீவுகள் வரிசையாகத் தோன்றுகின்றன. அலை முறிவினுல் நீட்டு நிலங்களும் தீவுகளும் அரிப்புக்கு இலக்காகின்றன. எனவே கட லோரம் வளைந்து (cranulate) காணப்படுகிறது (படம் : 105).

இளம் நிலை

இளம் நிலையில் கடல் ஓங்கல்களும் பிற அரிப்பாலான நிலத் தோற்றங்களும் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. கடற்கரையின் குறுக்குத்தோற்றம் தொடக்கத்தில் சமப்படவில்லை என்றாலும் அலை அரிப்பாலான பெஞ்சும், அலை படிவித்த திடலும் தோன்றிய பின் அது சமநிலை குறுக்குத் தோற்றத்தை அடைகிறது.

இப்போது கடற்கரை படிப்படியாக நேராக்கப்படுகிறது. தீவுகள், நீட்டு நிலங்கள் ஆகியவை அரிக்கப்பட்டு பின்னடைவதாலும், மணல் திட்டுகள் விரிகுடாக்களின் (பள்ளத்தாக்கின்) குறுக்கே படிவதாலும் கடற்கரை நேராக்கப்படுகிறது. கடற்கரைக்கு இணையாக மணல் திட்டுகள் படிவதால் முதலில் இருந்த கடற்



படம் 105. அமிழ்ந்திய கடற்கரை: வி.மு.ம. விரிகுடா முகப்பு மணல் மேடு.
வி.த. டெல்டா : விரிகுடா தலைப்பு டெல்டா.
கூ.ம : கூருருவ மணல்மேடு.

கரையைத் தவிர வேறொரு கடற்கரையும் கடலோரத்தில் ஏற்படுகிறது. விரிகுடாவின் குறுக்கே மணல்திட்டு வளர்ச்சி பெற்ற பின் பள்ளத்தாக்கின் (விரிகுடாவின்) முகப்பு மூடப்படுகிறது.

விரிகுடாவிற்கு இணையாக இருக்கும் இம் மணல் திட்டின் தடுப்பினால் அங்கு நீர் தேங்கி ஒரு காயல் அல்லது சதுப்பு நிலம் தோன்றுகிறது. இந்த காயல் நாளடைவில் நிலத்திலிருந்து கொண்டு வரப்படும் படிவுகளால் நிரப்பப்படுகிறது. இவ்வாறு நீட்டு நிலங்கள் அரிக்கப்பட்டு பின்னடைவதும், விரிகுடாக்கள் மூடப்படுவதும் உப-முதிர்ச்சி (sub maturity) நிலையைக் குறிக்கும்.

முதிர் நிலை

முதிர் நிலையில் பொதுவாக இரு முக்கிய அமைப்புகள் காணப்படுகின்றன. முதலாவதாக கடற்கரையின் குறுக்குத்தோற்றம் சமநிலைத் தன்மையை (profile of equilibrium) அடைகிறது. இரண்டாவதாக மூழ்கிய பள்ளத்தாக்குகளின் முகப்பு வரை கடற்கரை பின்னடைந்து காணப்படுகிறது. இதில் கூருருவான டெல்டா தோன்றுகிறது. முதிர் நிலையில் கடலோரம் நேராக இல்லையெனினும் இளம் நிலையைக் காட்டிலும் இது சீராக உள்ளது. கடலரிப்பினால் நிலம் பின்னடையும்போது பாறைகளின் கடினத்தன்மைக்கு ஏற்ப அதன் வேகம் மாறுகிறது. எனவே முதிர்நிலையில் பலவீனப் பாறைகள் வெகு விரைவாகப் பின்னடைந்து காணப்படுகின்றன.

அலை அரிப்பால் சமநிலம் தோன்றுகிற வரை கடல் மட்டம் நிலையாக இருக்குமா என்பது ஐயத்திற்குரியதாகும். எனவே முதுமை நிலை கடற்கரை அமைப்பை இங்கு விளக்கவில்லை.

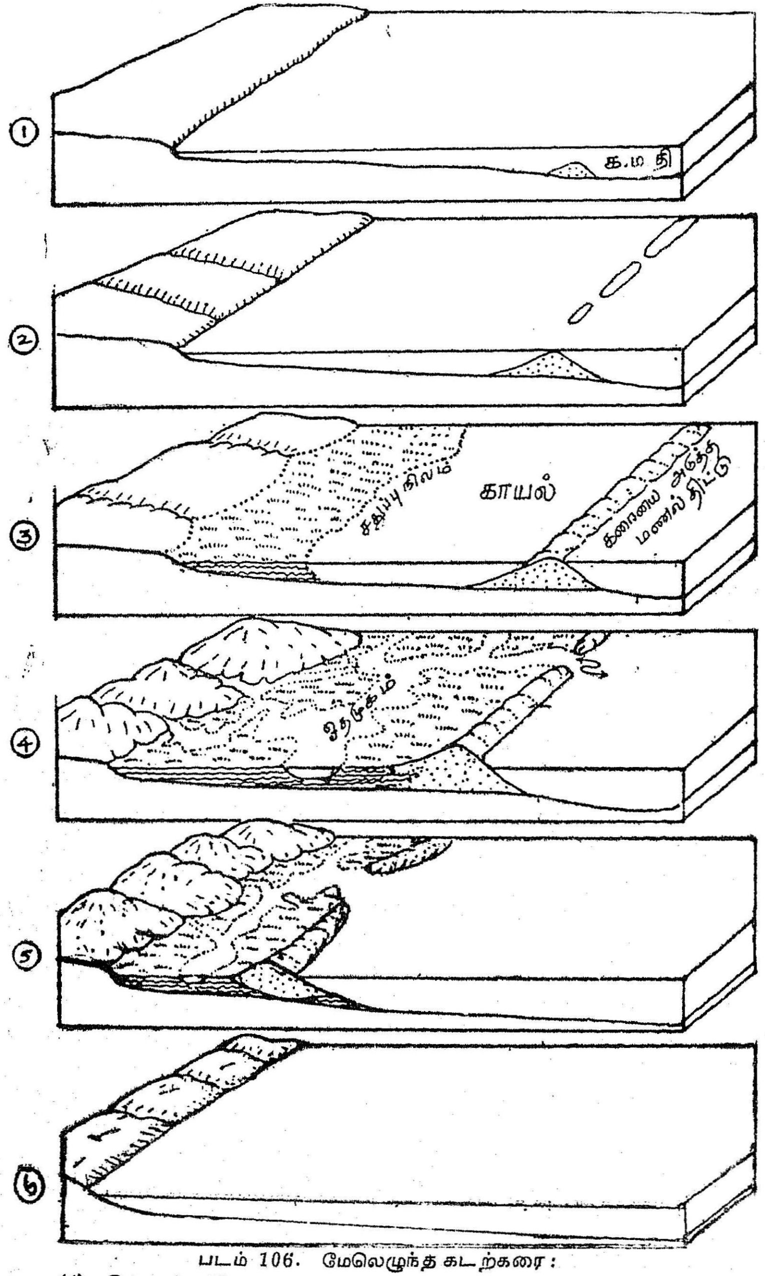
மேலெழுந்த கடற்கரையின் வளர்ச்சி

தொடக்க நிலை

மேலெழுந்த கடற்கரை வளர்ச்சியின் தொடக்கத்தில் கடலோரம் நேராக இருக்குமென்று கருதப்பட்டது. ஆனால் கண்டத்திட்டுகள் ஒழுங்கற்றதாக இருக்கும் கடற்கரை மேலெழும்போது கடலோரம் ஒழுங்கற்றதாக அமைவதை ஷெப்பர்டு கண்டறிந்தார். எனவே மேலெழும் கடற்கரையின் வளர்ச்சி அதன் கரையை அடுத்துள்ள சரிவைப் (off shore slope) பொருத்துள்ளது (படம் :106).

இளம் நிலை

ஜான்சன் விவரிக்கும் மேலெழும் கடற்கரை மென் சரிவுள்ள கண்டத்திட்டைக் கொண்டதாகும். இத்தகைய கடற்கரையை அலைகள் தீவிரமாக அரிக்க இயலாது. ஏனெனில் கடலில்



படம் 106. மேலெழுந்த கடற்கரை :
(1) தொடக்கநிலை. (2, 3, 4) இளம்நிலை. (5, 6) முதிர்நிலை.

தோன்றும் பெரிய அலைகள் யாவும் கரைக்கு சற்று தூரத்திலேயே கடலடித் தளத்தில் உராய்ந்து உடைகின்றன. படிதலினுல் கரையை அடுத்துள்ள சரிவில் சற்று தூரத்தில் கடலடி மணல் திட்டு (Submarine embankment) வளர்ச்சி பெறுகிறது. கடற் கரை மேலெழுந்து கொண்டு வருவதால் கடலடி மணல் திட்டு கரையை அடுத்துள்ள மணல் திட்டாக (off shore bar) நீருக்கு வெளியே தோன்றுகிறது. கரைக்கும் இதற்குமிடையில் நீர் தேங்கி ஒரு காயல் தோன்றுகிறது. நிலத்திலிருந்து கடலில் சேரும் ஆறுகளின் நீரோட்டத்தால் இம் மணல் திட்டு ஆங்காங்கு உடைகிறது. குறிப்பாக ஆறுகளின் முகத்துவாரங்களுக்கு நேர் எதிரில் இவ்வாறு உடைந்து இடைவெளி ஏற்படுகிறது. ஓதமுக நீரோட்டம் இவ்விடை வெளிகளின் வழியே உட்சென்று வருகிறது. இது ஆறுகளின் வழியே நிலத்தை நோக்கி பல கி. மீ. தூரம் செல்வதால் கரைக்கு அருகே இவை ஓதமுக ஆறுகளாக விளங்குகின்றன. நீர் மட்டம் குறையும்போது கடற்கரையை அடுத்துள்ள மணல் திட்டுக்கு அருகில் ஓதமுக சமநிலம் (tidal flat) தோன்றுகிறது. இது பின்பு ஓதமுக சதுப்பு நிலமாக (tidal marsh) மாறுகிறது.

முதிர் நிலை

மேலெழும் கடற்கரையின் வளர்ச்சியில் முக்கியமான கட்டம் கரையை அடுத்துள்ள மணல்திட்டு இடம் பெயர்வதாகும். நிலத்திலிருந்து கடத்தப்படும் படிவுகள் சேருவதால் மணல் திட்டு கடலை நோக்கி வளர்ச்சி பெற்ருலும் அது தற்காலிக வளர்ச்சியே யாகும். ஏனெனில் அலைகளின் தாக்குதலால் மணல் திட்டு நிலத்தை நோக்கி மெதுவாக பின்னடைகிறது. இது பின்னடைவ தால் கரைக்கும் இதற்கும் இடையிலுள்ள காயலும் சதுப்பு நிலமும் படிப்படியாக அகற்றப்படுகிறது. பிறகு மணல் திட்டு தொடக்க நிலையிலிருந்த கடலோரத்தோடு இணைந்துவிடுகிறது. இவ்வாறு மணல் திட்டு இடம் பெயர்ந்து கரையோடு இணைந்து மறையும்போது கடற்கரை முதிர்நிலையை அடைந்ததாகக் கருதப் படும்.

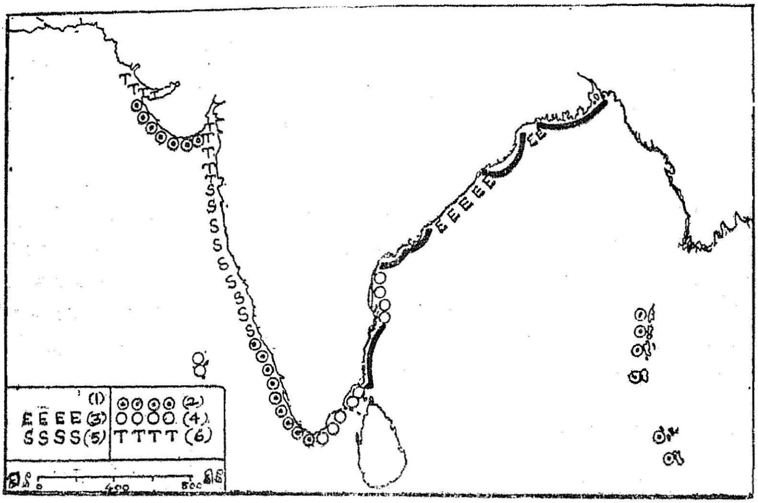
கடல் மட்டம் நிலையாக இல்லையாதலால் இதற்கு பிறகு ஏற்படும் வளர்ச்சி இங்கு விளக்கப்படவில்லை.

இந்திய கடற்கரைகளை வகைப்படுத்துதல்

அஹமத் (Ahmad) என்ற இந்திய புவியியல் அறிஞர் ஜான்சனைப் பின்பற்றி இந்திய கடற்கரைகளை வகைப்படுத்தி யுள்ளார் (படம்: 107). அதன் சுருக்கம் பின்வருமாறு:

(1) மேலெழுந்த கடற்கரை

இந்தியாவின் கிழக்கு கடற்கரை முழுவதும் மேலெழுந்த தன்மையைக் காட்டுகிறது. கிழக்கு கடற்கரையில் டெல்டாக்கள் நீங்கலாக கங்கையிலிருந்து கிருஷ்ணுவரை கடற்கரை நேராக



படம் 107. இந்தியக் கடற்கரைகளை வகைப்படுத்துதல்:
(1) நடுநிலை கடற்கரை (2) கூட்டுக் கடற்கரை (3) மேலெழுந்த கடற்கரை (மணல் திட்டு அற்றது) (4) மேலெழுந்த கடற்கரை (மணல் திட்டு கொண்டது) (5) அமுழ்ந்திய கடற்கரை (ரியா, ஓங்கல்) (6) அமுழ்ந்திய கடற்கரை (ஓதமுகம்)

உள்ளது. இங்கு பீச்சு மணல் மேடுகளும், மணல் திட்டுகளும், மென்சரிவு கொண்ட கண்டத்திட்டுகளும் காணப்படுகின்றன. கிழக்கு கடற்கரையில் வடக்கு சர்கார் (North circar) பகுதி காற்றின் திசைக்கு இணையாக இருப்பதால் இங்கு கடற்கரையை அடுத்து தோன்றும் மணல் திட்டின் வளர்ச்சி காற்றினுல் தடைபடுகிறது. எனவே, இங்கு கடற்கரையை அடுத்துள்ள மணல் திட்டு காணப்படவில்லை.

கிழக்கு கடற்கரையில் கிருஷ்ணு டெல்டாவிலிருந்து கன்னியா குமரிவரை கடற்கரை நேராகவும் மென் சரிவு கொண்டதாகவும் காணப்படுகிறது. இங்கு கடற்கரையை அடுத்துள்ள மணல் திட்டுகள் காணப்படுகின்றன. எனவே, இவை இடம் பெயர்வதால் காயல்களும் உப்பங்கழிகளும், மணல் மேடுகளும் தோன்றியுள்ளன.

(2) அமிழ்ந்த கடற்கரை

இத்தகைய கடற்கரை கட்ச் வளைகுடாவுக்கு (Gulf of Kutch) வடக்கிலும், காம்பே வளைகுடாவிலும், தக்கண பீடபூமியின் மேற்கு விளிம்பிலும், அந்தமான் நிக்கோபார் தீவுகளிலும் காணப் படுகிறது.

மஹாராஷ்டிரா கடலோரத்தில் கார்வாரிலிருந்து (Karwar) பல்சார் (Bulsar) வரை கடற்கரையில் அமிழ்ந்த பண்புகள் காணப்படுகின்றன. இங்கு ரியா கடற்கரையும், நீட்டு நிலங் களும், கடல் ஓங்கல்களும், கடற் குகைகளும் தீவுகளும் காணப் படுகின்றன.

குஜராத் கடற்கரையில் பல்சாருக்கு (Bulsar) வடக்கிலிருந்து பவநகர் (Bhaunagar) வரையிலான காம்பே வளைகுடாவில் அமிழ்ந்த பண்புகள் காணப்படுகின்றன. இங்கு ஓதமுகங்களும், ஓதமுகத் தீவுகளும், சதுப்பு நிலங்களும், சகதியும் காணப் படுகின்றன. இங்குள்ள கடற்கரை அங்காங்கே ஓதமுகங்களின் குறுக்கீட்டினால் வளைந்து காணப்படுகிறது.

(3) நடுநிலைக் கடற்கரை

இத்தகைய கடற்கரை பெரிய நதிகளின் டெல்டா பகுதி களில் காணப்படுகிறது. கங்கை, மஹாநதி, கோதாவரி, கிருஷ்ணா, காவிரி ஆகிய நதிகளின் டெல்டாக்கள் கடலை நோக்கி வளர்வதால் கடற்கரை மேலெழுவதாலோ அல்லது அமிழ்வ தாலோ கடற்கரை எவ்வகையிலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. இத்தகைய கடற்கரை நடுநிலைக் கடற்கரை எனப்படுகிறது. இங்கு கடல் அரிப்பை விட ஆற்றின் டெல்டா படிதல் துரிதமாக இருப்பதால் அங்கு கடற்கரை முன்னேக்கி வளைந்து காணப் படுகிறது.

(4) கூட்டுக் கடற்கரை

இத்தகைய கடற்கரையில் அமிழ்ந்த பண்புகளும், மேலெழுந்த பண்புகளும் கலந்து காணப்படுகின்றன. கேரளா, கர்நாடகம், தென்கிழக்கு கத்தியவார், தென்மேற்கு கத்தியவார் ஆகிய பகுதி களிலுள்ள கடற்கரைகள் கூட்டுக் கடற்கரைகளாகும்.

கேரளாவிலும், கர்நாடகத்திலும் கடற்கரை மேலெழுந் ததற்கான சான்றுகளான நேரான கடற்கரையை அடுத்த மணல் திட்டு, மென்சரிவு ஆகியவை காணப்படுகின்றன. ஆனால் கடற்

கரையிலுள்ள நேரான மணல் திட்டுகளுக்கு உட்புறத்திலுள்ள காயல்களில் கரை கரடுமுரடாகவும், பாறைகள் நிறைந்தும், சரிவு மிகுந்தும் காணப்படுகின்றன. இவை யாவும் கடற்கரை அமிழ்ந்ததற்கான அடையாளங்களாகும். எனவே மேலெழுந்த பண்பையும், அமிழ்ந்த பண்பையும் பெற்றிருக்கும் இக் கடற்கரை கூட்டுக் கடற்கரை எனப்படுகிறது.

தென்கிழக்கு கத்தியவாரில் பவநகரிலிருந்து டையு (Diu) வரை கடற்கரை வளைந்து காணப்படுகிறது. இங்கு பாறைத் தீவுகளும், ஓங்கல்களும் காணப்படுகின்றன. இவை கடற்கரை அமிழ்ந்ததற்கான அடையாளங்களாகும். ஆனால், இங்கு மணல் திட்டுகளும் ஆங்காங்கே நேரான கடற்கரையும் காணப்படுவதால் இது மேலெழுந்த பண்பையும் பெற்றுள்ளது. இதே போல் தென் மேற்கு கத்தியவாரில் மேலெழுந்த பண்பும், அமிழ்ந்த பண்பும் காணப்படுகிறது. எனவே, இவை கூட்டுக்கடற்கரைகளாகும்.

16. ஏரிகள்

புவிப்பரப்பில் நீரைத் தேக்கி வைத்திருக்கும் பள்ளங்களுக்கு ஏரிகள் (lakes) என்று பெயர். ஏரிகள் பல்வேறு நில அமைப்புகளில் தோன்றுவதால் புவிப் புறவியலில் அவை பற்றி அறிதல் அவசியமாகிறது.

புவியில் மிக அதிகமாக காணப்படுகிற நிலத்தோற்றங்களில் ஏரிகள் முக்கியமானவையாகும். இவை அண்டார்க்டிக் கண்டத்தைத் தவிர மற்ற எல்லா கண்டங்களிலும் காணப்படுகின்றன. இவை புவியின் எல்லா அட்சங்களிலும் எல்லா உயரங்களிலும் தோன்றியுள்ளன. உதாரணமாக தென் அமெரிக்காவிலுள்ள டிட்டிகாக்கா ஏரி (Lake Titicaca) கடல் மட்டத்திலிருந்து சுமார் 4300 மீட்டர் உயரத்தில் அமைந்துள்ளது. இதன் பரப்பு சுமார் 8300 சதுர கிலோ மீட்டர் ஆகும். இதற்கு மாறாக பாலஸ்தீனத்திலுள்ள சா கடல் (Dead Sea) கடல் மட்டத்திற்கு கீழே சுமார் 435 மீட்டர் ஆழத்தில் அமைந்துள்ளது.

மழைப் பிரதேசத்திலுள்ள மலை, பீடபூமி, சமவெளி, வெள்ளச் சமவெளி, பனிப் பகுதி ஆகியவற்றில் ஏரிகள் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. வறண்ட பாலைவனங்களில் ஏரிகள் காணப்படுகின்றன என்றாலும் அவை ஆழம் குறைந்தவையாக இருப்பது மட்டுமல்லாமல் விரைவில் மறையக் கூடியதாகவும் உள்ளன.

உலகிலுள்ள ஏரிகளில் மிகப் பெரியது மத்திய ஆப்பிரிக்காவில் சூடானிலுள்ள சாட் ஏரி (Lake chad) ஆகும். இதன் பரப்பு 16000 சதுர கிலோ மீட்டர் முதல் 80000 சதுர கிலோ மீட்டர் வரை காணப்படுகிறது. உலகிலேயே மிகஅதிக ஆழமுள்ள ஏரி சைபீரியாவிலுள்ள பைக்கால் ஏரி (Lake Baikal) ஆகும். இதன் ஆழம் 1870 மீட்டர்கள். இந்தியாவில் பெரிய ஏரிகள் ஏதும் கிடையா. ஆனால் சிறிய ஏரிகள் நிறைய காணப்படுகின்றன.

ஏரிகளின் தன்மை

ஏரிகள் இயற்கையாகவும் செயற்கையாகவும் தோன்றுகின்றன. இவற்றிற்கு முக்கியமாக மழையிலிருந்தும் ஆறுகளிலிருந்தும் நீர் கிடைக்கிறது. இயற்கையான ஏரிகள் நிலத்திலுள்ள பள்ளம் அல்லது பள்ளத்தாக்குகளில் ஓடை அல்லது ஆற்றுநீர் நிரம்புவதால் ஏற்படுகின்றன. இத்தகைய ஏரிகள் ஆறுகள் அல்லது ஓடைகளால் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால் இவற்றில் தேங்கியிருக்கும் நீர் சுத்தமானதாகவும், மென் நீராகவும் இருக்கும். செயற்கை ஏரிகள் மனிதனால் தோற்றுவிக்கப்படுபவை. அணை கட்டுதல், கரை எழுப்புதல் ஆகியவற்றால் நீர்த் தேக்கம் ஏற்பட்டு ஏரிகள் தோன்றுகின்றன. பெரும்பாலான ஏரிகள் கடலில் சேருகிற ஆற்று வடிகாலின் ஒரு பகுதியாக விளங்குகின்றன.

புவியிலுள்ள ஏரிகள் யாவுமே தற்காலிகமானவையாகும். ஆறுகள் ஏரியை அடையும் போது அவற்றின் வேகம் குறைவதால் அவை சுமந்துவரும் பொருள்களை அந்த ஏரியில் படியச் செய்கின்றன. இவ்வாறு படிவுகள் சிறிதுசிறிதாகச் சேர்ந்து ஏரியின் அடித்தளம் மேலெழுகிறது. நாளடைவில் ஏரி முழுமையும் படிவுகளால் நிரப்பப்படுவதால் இறுதியில் அது மறைந்து விடுகிறது. ஏரிகள் சிலவற்றில் எப்போதும் நீர் நிறைந்தும், சிலவற்றில் மழைக் காலத்தில் மட்டுமே நீர் நிறைந்தும் காணப்படுகிறது.

ஏரிகளின் தோற்றம்

ஏரிகள் தோன்றுவதற்கு இரு முக்கிய சூழ்நிலைகள் தேவைப்படுகின்றன. அவை : (1) நீரைத் தேக்கி வைப்பதற்கு ஏற்ற பள்ளம் (2) அப்பள்ளத்திற்கு நீர்வந்து சேருவதற்கு ஏதுவான சரிவு என்பனவாகும். கலெட் (collet) என்பார் ஏரிகளை அவை தோன்றும் முறையிலிருந்து எட்டு வகைகளாகப் பிரித்தார். அவை பின்வருமாறு :

(1) பனியாற்று அரிப்பினால் தோன்றியவை

(2) தடை அல்லது அடைப்பினால் தோன்றியவை

(3) எரிமலை வாயில் தோன்றியவை

(4) நில அசைவினால் தோன்றியவை

(5) சுண்ணாம்புப் பாறைகளில் கரைதல் செய்கையால் தோன்றியவை.

(6) பனிக்கட்டியில் தோன்றியவை

(7) பள்ளங்கள் நீர் கொள்ளும் அடுக்கை அடைந்ததால் தோன்றியவை

(8) உயிரினங்களினுல் தோன்றியவை.

ஏரிகள் பொதுவாக ஒரு தனிப்பட்ட காரணியால் ஏற்படுகிறது என்பதைவிட பல காரணிகளின் கூட்டுச் செயலால் ஏற்படுகிறது என்பதே பொருத்தமாகும்.

ஏரிகளின் தோற்றத்தைப் பொதுவாக நாம் நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

(1) **நில அசைவினுல் தோன்றுபவை :** (அ) மடிப்பு (ஆ) நிலம் கீழ்நோக்கி வளைதல், தாழ்தல் (இ) பிளவு (ஈ) எரிமலைச் செய்கை.

(2) **அரிப்பினுல் தோன்றுபவை :** (அ) பனியாற்று அரிப்பு, (ஆ) ஆற்றின் அரிப்பு (இ) காற்றின் அரிப்பு.

(3) **படிதலால் தோன்றுபவை :** (அ) ஆற்றுப்படிவு (ஆ) கடல் நீரோட்டத்தின் படிவு (இ) பனியாற்றுப் படிவு (ஈ) லாவா உறைதல் (உ) நிலச்சரிவு.

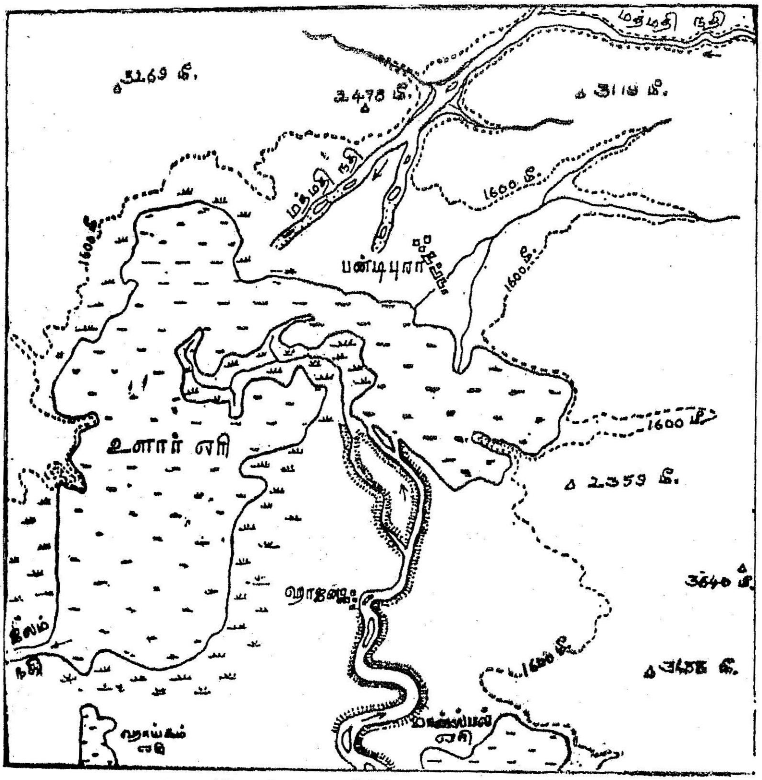
4. **உயிரினங்களினுல் தோன்றுபவை :** (அ) மனிதன் (ஆ) தாவரம் (இ) விலங்கு.

1. நில அசைவினுல் தோன்றுபவை

(அ) மடிப்பு : மடிப்புகள் ஏற்பட்டுள்ள பிரதேசத்தில் மேடு பள்ளங்கள் (மேல் வளைவு, கீழ் வளைவு) காணப்படுவதால் பள்ளங்களில் (கீழ்வளைவில்) நீர் நிரம்பி ஏரிகள் தோன்றுகின்றன. இத்தகைய ஏரிகள் ஜுரா மலைகளில் (Jura mountains) காணப்படுகின்றன. மடிப்பு மலைகளுக்கிடையே உள்ள கொப்பரைகளிலும் ஏரிகள் தோன்றுவதுண்டு.

(ஆ) நிலம் கீழ்நோக்கி வளைதல், அல்லது அமிழ்தல் : நிலம் கீழ்நோக்கி வளையும் போது பள்ளம் ஏற்படுவதால் அதில் நீர் சேகரிக்கப்பட்டு நாளடைவில் ஏரியாகிறது. இவ்வாறு நிலம் கீழ்நோக்கி அமிழ்ந்ததால் ஏற்பட்ட ஏரிகளில் காஸ்பியன் கடல், விக்டோரியா நியான்சா (Victoria Nyanza) ஆகியவை முக்கியமானவையாகும். அமெரிக்காவிலுள்ள பெரிய ஏரிகள் (The great Lakes) தோன்றுவதற்கு நிலம் கீழ்நோக்கி அமிழ்ந்தது ஒரு

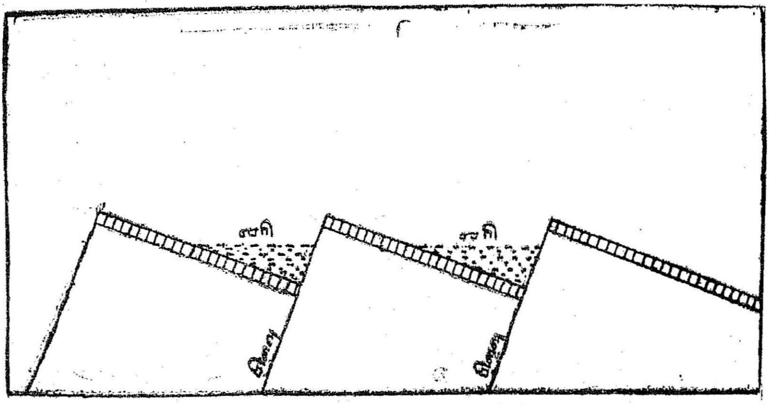
காரணமாக இருக்குமென கருதப்படுகிறது. கட்ச் பகுதிலுள்ள ரான் ஏறத்தாழ ஒரு ஏரியாகும். இது நிலம் கீழ்நோக்கி அமிழ்ந்ததால் ஏற்பட்டது. காஷ்மீர் பள்ளத்தாக்கிலுள்ள உளார் ஏரி (Lake wular) இத்தகைய நில அசைவிஞல் தோன்றிய தாகும். இது சுமார் 100 சதுர கிலோ மீட்டர் பரப்பு கொண் டுள்ளது (படம் 108). மிசிசிபி டெல்டாவிலுள்ள பான்ட் சார் டிரெயின் (Pontchar train) ஏரி வண்டல் படிவுகளின் எடையினுல் நிலம் அழுந்தி தோன்றியிருக்கக் கூடுமென கருதப்படுகிறது.



படம் 108. நிலம் அமிழ்ந்ததால் தோன்றிய ஏரி:
வடக்கு காஷ்மீரிலுள்ள உளார் ஏரி.

(இ) பிளவு: நிலம் பிளவுபடும்போது பள்ளம் ஏற்படுவதால் அங்கு ஏரிகள் தோன்றுகின்றன. பிளவுகள் அடுத்தடுத்து தோன்றும்போது படி போன்ற அமைப்பில் பாறைகள் இடம் பெயர்கின்றன. குறிப்பாக பிளவு பள்ளத்தாக்கு சரிவுகளில் இத் தகைய அமைப்பு காணப்படுகிறது. இவ்வாறு இடம் பெயர்ந்த

அடுக்குகள் சற்று சாய்வாக இருப்பின் கீழ்வீச்சுப் பாறைக்கும், மேல் வீழ்ச்சுப் பாறைக்கும் இடையில் ஒரு பள்ளம் காணப் படுகிறது. இது பின்னர் ஏரியாக மாறுகிறது (படம் : 109).



படம் 109. பிளவினால் தோன்றும் ஏரி.

பிளவுகளில் தோன்றியுள்ள ஏரிகளில் முக்கியமானவை தாங்கனிகா ஏரி (Lake Tanganyika), பைக்கால் ஏரி (Lake Baikal), சா கடல் (Dead Sea), நியாசா ஏரி ஆகியவையாகும். காமயூன் இமயமலையில் (Kamaun Himalaya) நைனிடாலுக்கு அருகில் நிலம் பிளவுபட்டதால் ஏரிகள் பல தோன்றி வரிசையாக அமைந்துள்ளன.

(ஈ) **எரிமலைச் செய்கை:** எரிமலைச் செய்கையின்போது லாவா திரவம் பள்ளத்தாக்கின் குறுக்கே வெளிவந்து உறையும் போது பள்ளத்தாக்கில் ஒரு தடை ஏற்படுவதால் அங்கு ஒரு ஏரி தோன்றுகிறது. ஜோர்டான் பள்ளத்தாக்கு, கலிபோர்னியா, ஐஸ்லாந்து ஆகிய பகுதிகளில் இத்தகைய ஏரிகள் காணப் படுகின்றன. இவற்றைத் தவிர எரிமலை குமுறி வெடிப்பதால் தோன்றும் எரிமலைவாய் நீர் நிறைந்து ஏரியாகக் காட்சியளிக்கும்: அமெரிக்காவில் ஓரிகனிலுள்ள எரிமலைவாய் ஏரி (Crater lake), சுமத்திராவிலுள்ள டோபா ஏரி (Lake Toba) ஆகியவை எரிமலை வாயில் அமைந்துள்ள ஏரிகளாகும்.

(2) அரிப்பினால் தோன்றுபவை

(அ) **பனியாற்று அரிப்பு:** பள்ளத்தாக்கு பனியாறு, பனி விரிப்பு ஆகியவற்றின் அரிப்புச் செயலால் பாறைகளில் குழி தோன்றுகிறது. இக்குழிகளில் நீர் நிரம்புவதால் அவை

ஏரிகளாகின்றன. இதற்கு சிறந்த உதாரணம் சர்க் (cirque) ஏரிகளாகும். இங்கிலாந்தில் ஏரி மாவட்டத்தில் இத்தகைய சர்க் ஏரிகள் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. இந்தியாவில் இமய மலைகளிலும் இவை காணப்படுகின்றன.

(ஆ) ஆற்றின் அரிப்பு : நீர் வீழ்ச்சியின் அடிவாரத்தில் தோன்றும் குடக்குடைவில் (pot hole) நீர் தங்கி ஏரியாகிறது. நீரில் கரையக்கூடிய பாறைகளான சுண்ணும்புப் பாறை, சாக்கு ஆகியவற்றில் ஆறுகள் பாயும்போது கரைதல் செய்கையால் அப்பாறைகளில் பள்ளங்கள் தோன்றுகின்றன. இவை பின்பு நீர் நிறைந்து ஏரிகளாகின்றன. ஃபிளாரிடாவிலுள்ள ஒகீசோபீ (Okeechobee) ஏரி இவ்வாறு தோன்றியதாகும்.

(இ) காற்றின் அரிப்பு : பாலைவனங்களில் காற்றின் புடைத்தெடுதல் செய்கையால் தோன்றும் ஊது பள்ளங்கள் சில சமயம் ஏரிகளாக மாறுகின்றன. இத்தகைய பள்ளங்களின் அடிப்பாகம் நில நீர் மட்டத்தை அடையும்போது இவற்றில் நீர் சேகரிக்கப்பட்டு ஏரிகள் தோன்றுகின்றன. வறண்ட மத்திய ஆஸ்திரேலியாவிலுள்ள ஏரிகளில் பல இவ்வாறு தோன்றியவையாகும். மேற்கு ராஜஸ்தானிலுள்ள சில ஊது பள்ளங்கள் ஏரிகளாக மாறியுள்ளன. பாலைவனங்களிலுள்ள பாலைவனச் சோலைகள் (Oases) இவ்வாறு தோன்றியவையே.

(3) படிதலால் தோன்றுபவை

ஆறு, பனியாறு, கடல் நீரோட்டம் ஆகியவை கடத்திச் செல்லும் படிவுகள் ஓரிடத்தில் படியும்போது அங்கு ஒரு தடை அல்லது திட்டு (barrier) அல்லது அடைப்பு ஏற்படுகிறது. இத்தடையினுல் நீர் சேகரிக்கப்பட்டு ஏரிகள் தோன்றுகின்றன. இவை தடை ஏரிகள் (barrier lakes) எனப்படும். இவை எளிதில் அரிக்கப்பட்டு மறைந்துவிடும். எனவே, இவை தற்காலிகமானவையே.

(அ) ஆற்றுப் படிவு : ஆற்றுப் படிவினுல் தோன்றும் ஏரிகள் பொதுவாக வெள்ளச் சமவெளிகளில் காணப்படுகின்றன. துணையாறு முக்கிய ஆற்றுடன் இணையும்போது அங்கு வண்டல் விசிறி தோன்றுவதால் அது நீரின் போக்கிற்கு ஒரு தடையாக விளங்குகிறது. சில சமயம் ஆற்றின் லெவிக்கள் இவ்வாறு தடையாக இருப்பதால் அங்கு ஏரிகள் தோன்றுகின்றன. இத்தகைய ஏரிகள் ஆஸ்திரேலியாவில் மர்ரே (Murray) ஆற்றங்கரைகளில் காணப்படுகின்றன.

மியாண்டர் ஒன்றையொன்று நெருங்கி இணையும்போது அதன் ஒரு பகுதி துண்டிக்கப்படுகிறது. துண்டிக்கப்பட்ட பகுதி ஏரியாகக் காட்சியளிக்கும். இவற்றிற்கு உதாரணமாக குருட்டு ஆறு (ox bow lake), மியாண்டர் துண்டிப்பு (meander cut off) ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம். பீஹார் மாநிலத்தில் பாயும் ஆறுகளில் இத்தகைய குருட்டு ஆறுகள் காணப்படுகின்றன.

டெல்டா பகுதியிலுள்ள இரண்டு கிளை ஆறுகள் தம்மைச் சுற்றிலும் படிவுகளைப் படிவிப்பதால் அவற்றிற்கு இடையிலுள்ள நிலம் பள்ளமாகி விடுகிறது. இப்பள்ளம் நாளடைவில் டெல்டா ஏரியாக (delta lake) மாறும். சில சமயம் இரு டெல்டாக்கள் அருகருகே அமைந்திருக்கும்போது அவற்றுக்கு இடைப்பட்ட நிலம் பள்ளமாக இருப்பதால் அது ஏரியாகிறது. ஆந்திரப் பிரதேசத்தில் எலுருவுக்கு (Eluru) அருகிலுள்ள கொலெரு ஏரி (Lake Kolleru) கோதாவரி டெல்டாவுக்கும், கிருஷ்ணு டெல்டா வுக்கும் இடையிலுள்ள பள்ளத்தில் தோன்றியுள்ளது.

(ஆ) **கடல் நீரோட்டத்தின் படிவு :** கடல் அலை அல்லது கடல் நீரோட்டங்களால் கடத்தப்படும் மணல் துகள்கள் சில சமயம் ஆறுகளின் முகத்துவாரம், விரிகுடாக்களின் முகப்பு ஆகியவற்றின் குறுக்கே ஒரு தடையாகப் படிகின்றன. இவ்வாறு படிகிற மணல் தடைகளினுல் (sand barriers) கடலோரத்தில் காயல் (lagoon) எனப்படும் ஏரிகள் தோன்றுகின்றன. ஒரிசாவிலுள்ள சில்கா ஏரியும் (Lake Chilka) சென்னைக்கு அருகிலுள்ள பழவேற்காடு ஏரியும் (Lake Pulicat) இதற்கு உதாரணங்களாகும். கேரள கடற் கரையில் காணப்படும் பல காயல்கள் கடல் நீரோட்டப்படிவு களால் ஏற்பட்டவையே.

(இ) **பனியாற்றுப் படிவு :** மொரைன் படிவுகள் ஒரே சீரான மட்டத்தில் படிவதில்லை யாகையால் அவற்றில் பள்ளங்கள் நிறைய காணப்படுகின்றன. உதாரணமாக படுகை மொரைனில் மேடு பள்ளங்கள் மிகுதியாக இருப்பதால் அதில் ஏரிகள் நிறைந்து காணப்படுகின்றன. சில சமயம் பனியாற்றுப் பள்ளத்தாக்கில் மொரைன் படிவதால் தடை ஏற்பட்டு நீர் தேங்கி ஏரிகள் தோன்றுகின்றன. இவ்வாறு தோன்றும் ஏரிகள் பொதுவாக சிறியவையாகும். இவை இமய மலையிலுள்ள பனியாறுகளில் காணப்படுகின்றன. உதாரணமாக சிக்கிமிலுள்ள சோம்பூ (Chombu) பனியாற்றில் இத்தகைய ஏரி காணப்படுகிறது. சில சமயம் பனியாறுகள் பள்ளத்தாக்கின் குறுக்கே நகரும்போது தற்காலிகமாக ஒரு தடையை ஏற்படுத்தி நீரைத் தேக்கி

வைக்கின்றன. ஸ்விட்சர்லாந்து, ஐஸ்லாந்து ஆகிய பகுதிகளில் இவை மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. சிந்து நதியின் துணை ஆறுன ஷியாக் (Shyok) கில் உள்ள சாங் கும்டன் (chong kumdan) பனியாற்றில் இத்தகைய ஏரி காணப்படுகிறது. பனிக்கட்டி உடையும்போது இவை உடைபடுகின்றன. இதனுல் பெரு வெள்ளம் ஏற்படுகிறது.

(ஏ) லாவா உறைதல் : லாவா திரவம் பள்ளத்தாக்கின் குறுக்கே உறைவதால் அங்கு ஏரி தோன்றுகிறது. ஜோர்டான் பள்ளத்தாக்கு, கலிபோர்னியா, ஐஸ்லாந்து ஆகிய பகுதிகளில் இத்தகைய ஏரிகள் காணப்படுகின்றன.

(உ) நிலச்சரிவு : பள்ளத்தாக்கின் சரிவில் நிலச்சரிவு, சேறு வழிதல், பாறை வீழ்ச்சி ஆகியவை ஏற்படும்போது பாறைகள் குவிந்து பள்ளத்தாக்கு அடைபடுகிறது. அப்போது அங்கு ஒரு ஏரி தோன்றுகிறது. பிரிட்டனில் யார்க்ஷையர், அமெரிக்காவில் கொலராடோ ஆகிய பகுதிகளில் இத்தகைய ஏரிகள் காணப்படுகின்றன. கார்வால் பகுதியில் காணப்படும் கோனு ஏரி (Lake Gohna) கங்கை நதியின் துணையாற்றில் நிலச்சரிவு ஏற்பட்டதால் தோன்றியதாகும். நிலச்சரிவினுல் தோன்றும் ஏரிகள் விரைவில் உடைந்து போகின்றன.

(4) உயிரினங்களினுல் தோன்றுபவை

(அ) மனிதன் : மனிதனுல் தோற்றுவிக்கப்படும் ஏரிகளை செயற்கை ஏரிகள் என்கிருேம். நீர் பாசனம், மின்சார உற்பத்தி, குடிநீர் ஆகிய வற்றுக்காக ஓடை அல்லது ஆற்றின் குறுக்கே கரை அல்லது அணை கட்டுவதால் ஒரு நீர்த்தேக்கம் ஏற்படுகிறது. இது செயற்கை ஏரியாகும். இந்தியாவில் குறிப்பாக தமிழ்நாட்டில் இத்தகைய செயற்கை ஏரிகள் மிகுதியாக உள்ளன.

(ஆ) தாவரம் : அடர்ந்த தாவரங்கள் ஒரு தடையாக இருப்பதால் சில சமயம் அவற்றுக்கிடையே ஏரி தோன்றுகிறது. ஆற்றின் அரிப்பினுல் பள்ளத்தாக்கின் ஓரத்திலுள்ள மரங்கள் சாய்ந்து பள்ளத்தாக்கின் குறுக்கே விழுவதால் ஆற்றின் போக்கு தடைபட்டு ஏரி தோன்றுகிறது.

(இ) விலங்கு : விலங்குகளின் செய்கையால் சில சமயம் பள்ளங்கள் ஏற்பட்டு ஏரிகள் தோன்றுவதுண்டு. உதாரணமாக எருதுகள் சேற்றில் புரண்டு செல்வதால் அங்கு பள்ளம் தோன்றி ஏரி உருவாகிறது. விலங்குகளின் செய்கையால் தோன்றும் ஏரிகள் சொற்பமே.

உப்பு ஏரிகள்

வறண்ட பிரதேசங்களில் சுத்தமான நீர் கொண்ட ஏரிகள் நாளடைவில் உப்பு ஏரிகளாக மாறுகின்றன. வறண்ட பிரதேசங்களில் ஏரிகளின் நீர் எளிதில் வெளியேற முடியாததாலும், நீர் விரைவில் . ஆவியாவதாலும் ஆறு கடத்திவரும் தாதுப் பொருள்கள் தொடர்ந்து படிந்து அவை இறுதியில் உப்பு ஏரிகளாக மாறுகின்றன. உப்பு ஏரிகள், பொதுவாக எண்ணிக்கையில் குறைவாகவே காணப்படுகின்றன.

காஷ்மீரிலுள்ள ருப்சு (Rupshu) பகுதியிலும், லடாக் பகுதியிலும், உப்பு ஏரிகள் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் முக்கியமானவை பங்காங் ஏரி, (Lake Pangong) சோ மொராரி ஏரி (Lake Tso Morari) ஆகியவையாகும்.

மேற்கு ராஜஸ்தானில் பிளேயா ஏரிகள் காணப்படுகின்றன. இதற்கு சிறந்த உதாரணம் சாம்பார் (Sambhar Lake) ஏரியாகும். இது சுமார் 24 சதுர கிலோ மீட்டர் பரப்புடையது. மழைக்காலத்தில் இதன் ஆழம் சுமார் 1 மீட்டர் வரை இருக்கும்.

ஏரிகளின் பயன்

ஏரிகள் மனிதனுக்கு மிகவும் பயனுள்ளதாக இருக்கின்றன. இவை ஆறுகளின் போக்கைக் கட்டுப்படுத்துதல், வெள்ளத்தைக் கட்டுப்படுத்துதல் ஆற்றின் நீர் மட்டம் மாறுமல் இருக்கச் செய்தல் ஆகிய பணிகளைச் செய்கின்றன. ஆறுகளில் வெள்ளம் அதிகரிக்கும்போது எஞ்சிய நீர் ஏரிகளில் சேருவதால் ஆற்றில் வெள்ளம் ஏற்படுவதில்லை.

ஏரிகள் சிறந்த நீர்த்தேக்கங்களாக விளங்குகின்றன. குடிநீர், நீர்பாசனம் ஆகியவற்றிற்கு ஏரிகள் மிகவும் இன்றியமையாதவை. சில ஏரிகள் மின்சாரம் உற்பத்தி செய்வதற்கும் பயன்படுகின்றன. பெரிய ஏரிகள் நீர்வழிப் போக்குவரத்துக்கு ஏதுவாக உள்ளன. இவை தவிர மீன் பிடித்தல் விளையாட்டு போன்ற பணிகளுக்கும் இவை பயனுள்ளதாக விளங்குகின்றன. பெரிய பரப்புடைய ஏரிகள் வட்டார (local) காலநிலையை சற்று கட்டுப்படுத்துகின்றன. உதாரணமாக அமெரிக்கா பெரிய ஏரிகள் (The great lakes), அவற்றின் சுற்றுப்புறத்தில் குளிர்காலத்தில் வெப்பநிலையை சற்று அதிகரிக்கச் செய்கின்றன. மிச்சிகன் ஏரியும் (Lake Michigan), நியாசா ஏரியும் (Lake Nyasa). இவ்வகையில் பேருதவியாக இருக்கின்றன.

17. டேவிஸின் நிலத்தோற்ற தத்துவம்
(Davisian Concept)

அமெரிக்க புவிப்புறவியல் அறிஞர் டேவிஸ் நிலத்தோற்றம் பற்றிய ஒரு தத்துவத்தை வெளியிட்டார். இத்தத்துவம் யாதெனில், நிலத்தோற்றம் என்பது ஓரிடத்தின் பாறை அமைப்பு (structure,) தேயுறுதல் செய்முறை (process,) வளர்ச்சி நிலை (stage) ஆகியவற்றின் கூட்டுச்செய்கையால் தோன்றுவதாகும். (Landscape is a function of structure process and Stage—Davis).

பாறை அமைப்பு

பாறை அமைப்பு என்பது பாறையின் கட்டமைப்பு, கடினத் தன்மை, உறுதித்தன்மை, கரையும் தன்மை ஆகியவற்றைக் குறிக்கும். பாறைகளில் சில அடுக்கமைப்பு கொண்டதாகவும், சில கனிசமாகவும், வேறுசில கற்குழம்பாகவும், இன்னும் சில எல்லாவற்றின் கலவையாகவும் காணப்படுகின்றன.

பாறைகள் சிதைந்து அகற்றப்படும் போது அப் பாறைகளின் அமைப்பை நாம் அறிந்திருந்தால் மட்டுமே நம்மால் அந்நிலத் தோற்றத்திற்கான காரணத்தைக் கூறமுடியும்.

பாறைகளின் கடினத்தன்மை, உறுதித்தன்மை, நீர்புகு தன்மை, கரையும் தன்மை போன்றவை யாவும் பாறையின் அமைப்புக்கு ஏற்றவாறு நிலத்தோற்றத்தை பாதிக்கின்றன. கடினமான அல்லது உறுதியான பாறைகள் மிகவும் பழமை யானதாக இருப்பின் அவை சற்று எளிதில் அரிக்கப்பட்டு சம நிலமாகின்றன. ஆனல், இப்பாறைகள் புதிதாக தோன்றி யிருந்தாலோ அல்லது புவி அசைவினுல் மேலெழுந்திருந்தாலோ இவற்றில் உயரமான கரடுமுரடான நிலத்தோற்றம் ஏற்படு கிறது. மென்பாறைகள் எளிதில் அரிக்கப்படுவதால் அவற்றில் மென்சரிவுள்ள நிலத்தோற்றங்கள் தோன்றுகின்றன.

பாறைகளின் தன்மைக்கு ஏற்ப நிலத்தோற்றங்கள் எவ்வாறு மாறுகின்றன என்பதை கீழ்க்காணும் உதாரணத்திலிருந்து

அறியலாம். ஈரமும், வெப்பமும் அதிகமுள்ள பகுதிகளில் கடின மான தீப்பாறைகள் இருப்பின் அவை அரிக்கப்பட்டு உயர்ந்த குன்றுகளும், எரிமலைக்குமிழ்களும் (volcanic plug) தோன்று கின்றன. கிரானைட் பாறைகள் வானிலைச் சிதைவடைவதால் கன செவ்வக வடிவத்தில் பாறைகள் வெளித்தோன்றி தனித்து (tors) நிற்கின்றன. பெருந்துகள்களைக் கொண்ட மில்ஸ்டோன் கிரிட் (Mill stone Grit) அரிக்கப்படும் போது மேசை நிலம், படி உருவ நிலம் (Steps) ஆகியவை தோன்றுகின்றன.

நிலத்தோற்றங்களை நிர்ணயிப்பதில் பாறைகளின் அமைப்பு வேற்றுமை ஒரு முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. அதாவது பாறை களின் கடின, மென் தன்மைக்கு ஏற்ப நிலத்தோற்றங்கள் மாறு கின்றன. ஆனால், தேயுறுதல் செய்முறை வலிமை மிக்கதாக இருப்பின் பாறைகள் எவ்வளவு கடினமாக இருப்பினும் அவை அரிக்கப்படுகின்றன. எனவே தேயுறுதல் செயல் பலவீனமாக இருந்தால் பாறை அமைப்புதான் நிலத்தோற்றங்களை நிர்ணயிப் பதில் ஒரு முக்கிய காரணியாக விளங்குகிறது. உதாரணமாக மழைநீர் வழிதலும், கரைதலும் பலவீன அரிப்புச்செயல் என்றாலும் விரிசல்களும், அடுக்குத் தளங்களும் கொண்ட சுண் ணும்புப் பாறைகளில் இவற்றால் தோற்றுவிக்கப்படும் நிலத் தோற்றங்கள் மிகப் பெரியவையாகும். வலிமைமிக்க அலை களினால் பல்வேறு கடினத்தன்மை கொண்ட பாறைகளும் அரிக்கப்பட்டு சம நிலமாகின்றன. பனியாறு கனிசமாகவும், வலிமைமிக்கதாகவும் இருப்பதால் பாறைகள் எத்தகைய அமைப்பைக் கொண்டிருந்தாலும் பனியாற்றுக்குரிய நிலத் தோற்றங்கள் ஏற்பட்டு விடுகின்றன.

நீர்புகும் விரிசல்கள் கொண்ட சுண்ணும்பு பாறை அரிக்கப் படும்போது சரிவு மிகுந்த மலையிடுக்குகள் (gorges) தோன்று கின்றன. மென்மையானதும், புரைத்தன்மை அதிகம் கொண் டதுமான சாக்கு அரிக்கப்படும்போது மேடு பள்ளம் நிறைந்த நிலமாக மாறுகிறது. கடினப்பாறையும் மென்பாறையும் மாறி மாறி அமைந்துள்ள படிவுப்பாறைகளில் குத்துச் சரிவு கொண்ட நிலம் தோன்றுகிறது.

ஒரே வகையான ஓடும் நீரின் அரிப்புச்செயல் பல்வேறு பாறை அமைப்புகளில் இயங்கும்போது பல்வேறு நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. கும்மட்டம், பிளவு, மடிப்பு ஆகிய அமைப்பு கொண்ட பாறைகளில் வெவ்வேறு நிலத்தோற்றங்கள் ஏற்படு கின்றன. புவியில் காணப்படும் பல்வேறு வடிகால் அமைப்புகள் இதனை நன்கு உணர்த்துகின்றன.

தேயுறுதல் செய்முறை

தேயுறுதல் செய்முறை என்பது புவியின் மேல் தளத்தை அரித்து நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குகிற வானிலைச் சிதைவு, ஓடும் நீர், காற்று, பனிக்கட்டி, புவியீர்ப்பு விசை போன்ற புறச் செய்முறைகளைக் குறிக்கும். தேயுறுதலின் அங்கங்களான மேற் கூறிய செய்முறைகளில் வானிலைச் சிதைவும் ஓடும் நீரின் செய்கையும் இயல்பான செயல்முறைகள் (Normal processess) எனப்படும். மித வெப்ப மண்டலத்திலும், மழைப் பிரதேசத் திலும் இவ்விரண்டு செய்முறைகளும் மிக முக்கியமானவையாகும். வறண்ட பிரதேசத்தில் காணப்படும் காற்றின் செய்கையும், பனிக்கட்டி பரவியுள்ள பகுதியில் காணப்படும் பனியாற்றின் செய்கையும், கடலோரத்திலுள்ள அலைகளின் செய்கையும் ஒரு குறுகிய பரப்பை மட்டுமே பாதிப்பதாக உள்ளது. எனவே டேவிஸ் அவற்றை இயல்பான செய்முறைகளினின்று வேறு படுத்தி விளக்கியுள்ளார். புவிப் பரப்பில் ஓடும் நீரின் செய்கையால் தோன்றிய நிலத்தோற்றங்களின் மொத்த பரப்பளவு புவியின் மொத்த பரப்பில் சுமார் 25 சதவீதமாகும். மீதமுள்ள பரப்பில் கால நிலையால் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட காற்று, பனியாறு, அலை ஆகியவற்றின் செய்கையே காணப்படுகிறது.

நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குகிற ஒவ்வொரு தேயுறுதல் செய்முறையின் விளைவையும் ஆராய்வதே புவிப் புறவியலின் நோக்கமாகும். இச் செய்முறைகள் எவ்வாறு இயங்குகின்றன என்பதும் அவை தொடர்ந்து இயங்கினால் என்னென்ன விளைவுகள் ஏற்படும் என்பதையும் நாம் அறிதல் வேண்டும். வான் எங்கலின் (Von Engelin) கூற்றுப்படி ஒவ்வொருவருடைய கையெழுத்தும் மற்றவருடையதிலிருந்து எவ்வாறு மாறுகிறதோ அதே போல் ஒவ்வொரு செயல் முறையும் நிலத்தின் மீது அதற்குரிய வடுவை ஏற்படுத்தும் போது அது மற்றதிலிருந்து மாறியிருக்கும். எனவே ஓடும் நீரின் அரிப்பால் தோன்றும் 'V' வடிவ பள்ளத்தாக்கு, பனியாற்றின் அரிப்பினால் தோன்றும் 'U' வடிவ பள்ளத்தாக்கு காற்றின் அரிப்பால் தோன்றும் பீடப்பாறை, அலை அரிப்பால் தோன்றும் கடல் ஓங்கல் ஆகியவை யாவும் தேயுறுதல் செய்கை யின் தன்மைக்கு ஏற்ப தனித்தன்மை கொண்டதாக விளங்கு கின்றன.

வளர்ச்சி நிலை

தேயுறுதல் செய்கையால் நிலத்தோற்றம் பல மாறுதல்களை அடைகிறது. இம்மாறுதல்கள் மெதுவாகவும் ஒன்றுக்கொன்று சீரான தொடர்புடையதாகவும் காணப்படுகின்றன. கடலுக்

குள்ளிலிருந்து புதிதாக ஒரு நிலம் மேலெழுந்தவுடன் அது வானிலைச் சிதைவுக்கு இலக்காகிறது. இதன் பிறகு இதில் ஆறுகள் தோன்றுவதால் நிலம் அரிக்கப்பட்டு தாழ்கிறது. காலப் போக்கில் மொத்த நிலப்பகுதியும் கடல் மட்டத்திற்கு அரிக்கப் பட்டு சம நிலமாகிறது. மேலெழுந்த புதிய நிலம் இவ்வாறு சமநிலமாக்கப்படுவதற்கு முன்பாக பல நிலைகளைக் கடந்து செல்கிறது. அவை இளம் நிலை, முதிர் நிலை, முதுமை நிலை ஆகியவையாகும். நிலம் அரிக்கப்பட்டு ஒவ்வொரு நிலையையும் கடந்து செல்வதால் தொடக்கத்திலிருந்து முடிவு வரை அதில் பல்வேறு மாற்றங்கள் காணப்படுகின்றன. ஆனால், ஒவ்வொரு நிலையிலும் நிலத்தோற்றம் அந்த நிலைக்குரிய தனித்தன்மையைப் பெற்றிருக்கும். அதனால்தான் இளம் நிலையிலிருக்கும் ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கிற்கும், முதிர், முதுமை நிலையிலிருக்கும் ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்கிற்கும் இடையே உள்ள வேறுபாட்டை நம்மால் உணர முடிகிறது. நிலத்தோற்ற வளர்ச்சி நிலைகளை நாம் அறிந்து கொண்டால், இளம் நிலையில் அது எவ்வாறு இருக்கும், முதிர் நிலையிலும் முதுமை நிலையிலும் அது எவ்வாறு இருக்கும் என்பதைக் கூற முடியும்.

நிலத்தோற்றம் ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு கடந்து செல்ல எடுத்துக்கொள்கிற காலத்தை (time) நாம் பொதுவாக கணக்கெடுக்க முடியாது. இதேபோல் குறிப்பிட்ட நிலையை அடைவதற்கு எவ்வளவு காலம் ஆகும் என்பதையும் கணக் கெடுத்தல் இயலாது.

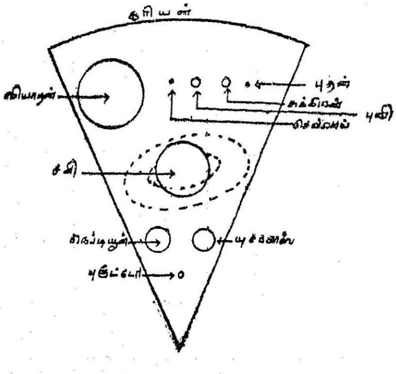
ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலையை அடையும் போது நிலத் தோற்றத்தில் ஒரு தொடர்ச்சியான மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. தொழிற்சாலையில் உற்பத்தியாகும் ஒரு ஸ்கூட்டர் தொடக்கத் திலிருந்து ஒவ்வொரு பிரிவிலும் ஒவ்வொரு நிலையில் காணப் படுகிறது. இறுதியில் அது ஒரு முழுமையான பொருளாக வெளி வருகிறது. இவ்வாறே நிலத்தோற்றமும் இளம் நிலையில் ஒரு அமைப்பிலும், முதிர் நிலையில் வேறொரு அமைப்பிலும் முதுமை நிலையில் முற்றிலும் மாறான அமைப்பிலும் வளர்ச்சி பெற்று காணப்படுகின்றன.

எனவே பாறையின் அமைப்புக்கு ஏற்றார் போல் நிலத் தோற்றம் அமைவதாலும், தேயுறுதல் செய்கைக்கு ஏற்ப அவை தனித்து தோன்றுவதாலும், வளர்ச்சி நிலைக்கு ஏற்ப அவை மாறுபடுவதாலும் நிலத்தோற்றத்தை பாறைகளின் அமைப்பு, தேயுறுதல் செய்கை, வளர்ச்சி நிலை ஆகியவற்றின் பிறப்பு எனலாம்.

18. சூரிய மண்டலம்
(Solar System)

புவிப் புறவியலில் புவியின் மேற்பரப்பை அறிவது மட்டுமே நம்முடைய நோக்கமாக இருந்தாலும் அதனைச் செவ்வனே புரிந்து கொள்வதற்கு புவியின் தோற்றம் (origin), தொன்மை, அமைப்பு ஆகியவற்றை அறிவது அவசியமாகும். புவியின் தோற்றம் அமைப்பு ஆகியவற்றை அறியும் முன்பாக அது அங்கம் வகிக்கிற சூரிய மண்டலத்தைப் (Solar System) பற்றி ஓரளவு தெரிந்து கொள்ளுதல் நலம்.

பிரபஞ்சம் (universe) என்பது பல பால்வழி (Galaxy)களையும், வாயுக் கோளங்களையும் கொண்ட ஒரு பெரிய தொகுப்பாகும். ஒவ்வொரு பால் வழியும் கோடிக்கணக்கான நட்சத்திரங்களைக் கொண்ட ஒரு தொகுப்பாகும். ஆன்டுரோமெடா (Andromeda) பால்வழி பல சிறு பால்வழிகளைக் கொண்டுள்ளது. இவற்றில் நம்முடைய பால்வழியும் (Milky way Galaxy) ஒன்றாகும்.



படம் 110. சூரிய மண்டல கோள்களின் ஒப்பளவு விட்டம்.

நம்முடைய பால்வழியிலுள்ள கோடிக்கணக்கான நட்சத்திரங்களில் சூரியனும் ஒன்றாகும். சூரியனைச் சுற்றி கோள்களும் (planets) துணைக் கோள்களும் (satellites), சிறுகோள் (asteroids), வால் மீன்களும் (comets), எரி மீன்களும் (meteors), காணப்படுகின்றன. இவை சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையினால் அதனையே மையமாகக் கொண்டு சுற்றி வருகின்றன (படம் 110).

சூரியனைச் சுற்றி 9 கோள்கள் உள்ளன. இக்கோள்கள் ஒவ்வொன்றையும் சுற்றி துணைக் கோள்களும் சிறு கோள்களும்

சுழன்று வருகின்றன. இவை எண்ணிக்கையில் சுமார் ஆயிரம் இருக்குமென்று நம்பப்படுகிறது. கீழே தரப்பட்டுள்ள அட்டவணையில் சூரிய மண்டலத்திலுள்ள கோள்களின் விவரம் தரப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 2

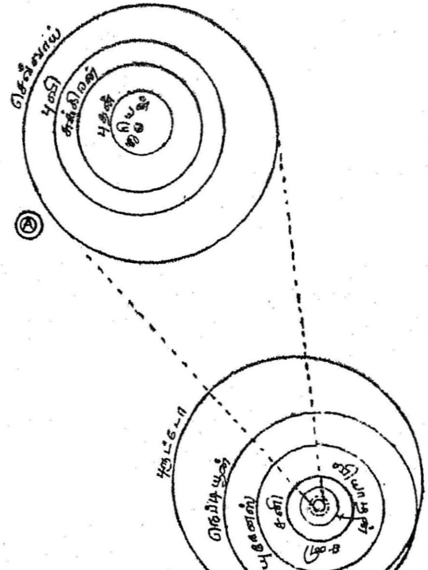
சூரிய மண்டலம்

		கோள்	விட்டம் கிலோ மீட்டர்கள்	சூரியனிடமிருந்து தூரம் (மில்லியன் கி. மீ.)	துணைக்கோள்	அடர்த்தி	பொருண்மை (Mass) புவியைப் போல் மடங்கு
சூரியனுக்கு மிக அருகில் உள்ளவை	1.	புதன் (Mercury)	4800	57	0	3.73	1/27
	2	சுக்கிரன் (Venus)	12160	107	0	5.21	5/6
	3.	புவி (Earth)	12640* 12683†	149	1	5.52	1
	4.	செவ்வாய் (Mars)	6720	227	2	3.94	1/9
சூரியனைவிட்டு அப்பாலுள்ளவை	5.	வியாழன் (Jupiter)	132624* 142080†	774	12	1.34	318
	6.	சனி (Saturn)	107520* 120160†	1419	9	0.69	95
	7.	யுரேனஸ் (Uranus)	49440	2856	5	1.36	14 3/5
	8.	நெப்டியூன் (Neptune)	52800	4475	2	1.61	17 1/3
	9.	புளுட்டோ (Pluto)	5680	5872	—	—	—
		சூரியன்	1384000		—	1.41	333400
		சந்திரன்	3456		—	3.34	1/81

குறிப்பு :— * நீள் அச்சு, † குறுக்கு அச்சு.

சூரிய மண்டலத்தில் அமைந்துள்ள மேற்கூறிய கோள்கள் அனைத்தும் சூரியனை மையமாகக் கொண்டு நீள்வட்ட வடிவப் பாதையில் (elliptical orbits) சுழன்று வருகின்றன (படம் 111). ஒருசில சிறு கோள்களைத் தவிர மற்றவை யாவும் செவ்வாய், வியாழன் ஆகிய இரு கோள்களுக்கிடையே தம்முடைய பாதையை அமைத்துக் கொண்டுள்ளன. இவை சூரியனைச் சுற்றி ஒரே திசையில், அதாவது கடிகார முள்ளின் திசைக்கு எதிராக (anti-clockwise) சுழன்று செல்கின்றன. யுரேனஸ், புளூட்டோ ஆகியவை தவிர மற்றவை யாவும் இதே திசையில்தான் சுழன்று செல்கின்றன. யுரேனஸும் புளூட்டோவும் கடிகார முள்ளின் திசையில் செல்கின்றன. எல்லாக் கோள்களின் பாதையும் ஏறத்தாழ ஒரே சம தளத்தில் அமைந்துள்ளது.

சூரிய மண்டலத்திலிருக்கும் மொத்தக் கோள்களில் ஆறு கோள்களுக்கு மட்டுமே துணைக் கோள்கள் உள்ளன. அவை யாவன: புதன் 0; சுக்கிரன் 0; புவி 1; செவ்வாய் 2; வியாழன் 12: சனி 9; யுரேனஸ் 5; நெப்டியூன் 2.



படம் 111. சூரிய மண்டலக் கோள்களின் பாதைகள்

(A) சூரியனுக்கு அண்மையில் உள்ளவை
(B) சூரியனுக்கு அப்பாலுள்ளவை

சூரியன்

சூரிய மண்டலத்தின் அச்சாக இருப்பது சூரியனாகும். அதனிடமிருந்துதான் புவி வெப்பத்தையும் ஒளியையும் பெறு

கிறது. சூரியன் எரியும் வாயுக்களைக்கொண்ட ஒரு கோளமாகும். இது 1,384,000 கி.மீ. விட்டமும், புவியைப் போல் 333,400 மடங்கு தொகுப்பும் (mass) கொண்டதாகும். இது புவியைப் போல் 1,300,000 மடங்கு கன அளவு கொண்டுள்ளது. சூரியனின் மேற்பரப்பில் காணப்படும் ஈர்ப்பு விசை புவியின் ஈர்ப்பு விசையைப் போல் 34 மடங்கு அதிகமாகும்.

புவியைப் போல் சூரியனும் சுழலுகிறதென்றாலும் அதன் மேற்பரப்புச் சுழற்சி வேகம் ஒரே சீராக இல்லை. புவி திடப் பொருளாகையால் அதன் மேற்பரப்புச் சுழற்சி வேகம் ஒரே சீராக இருக்கிறது. ஆனால், வாயுக் கோளமாகிய சூரியனின் பரப்பில் இவ் வேகம் சீராக இல்லை. சூரியப் புள்ளிகளின் இடமாற்றத்தைக் கொண்டு இந்த வேறுபாடு அறியப்படுகிறது. இதன்படி சூரியனின் மத்திய ரேகைப் பகுதியில் சுழலும் வேகம் மற்றப் பகுதியைக் காட்டிலும் அதிகமாகக் காணப்படுகிறது.

சூரியனின் மேற்பரப்பில் வெப்பம் 11000°F (6000°C) ஆக இருக்கிறது. இதிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி ஒவ்வொரு சதுர அங்குலத்திற்கும் சுமார் 300,000 மெழுகுவத்தி ஏற்படுத்தும் ஒளிக்குச் சமமாகும். சூரியனின் மையப்பகுதியில் வெப்பம் சுமார் 14,000,000°C ஆக இருக்குமெனக் கருதப்படுகிறது. சூரியனைச் சுற்றியுள்ள வளிமண்டலத்தில் ரோஜா நிற ஹைட்ரஜன் வாயு மேகங்கள் காணப்படுகின்றன. இவை சூரியத் தீச் சுவாலைகள் (Solar prominences) எனப்படுகின்றன. இதனைச் சுற்றிச் சாம்பல் நிற (corona) ஒளிச் சுவாலை காணப்படுகிறது. சில சமயம் தீச் சுவாலை ஒளிச் சுடர் மண்டலத்தில் சேர்ந்து பிரகாசமான வளைவுகளைத் (arch) தோற்றுவிப்பதுண்டு. இவை சூரியப் பரப்பிலிருந்து சுமார் 160,000 கி.மீ. வரை விலகிக் காணப்படும்.

சூரியனில் காணப்படும் பொருள்களில் ஹைட்ரஜன் மிக முக்கியமானதாகும். இது 90% காணப்படுகிறது. இதனை அடுத்துக் காணப்படும் ஹீலியம் (helium) 8% ஆக உள்ளது.

சூரியப் புள்ளிகள் (sun spots) சூரியனின் பரப்பிலுள்ள கருமையான புள்ளிகளாகும். ஒவ்வொரு புள்ளியும் சுமார் 800 முதல் 80,000 கி.மீ. வரை விட்டம் கொண்டுள்ளது. இவை சூரியனின் மையத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்களினால் தோன்றுவதாகக் கருதப்படுகிறது. சூரியப் புள்ளிகளில் சுற்றுப்புறத்தைவிட வெப்பம் குறைவாக உள்ளது. இவை தோன்றி மறையும் தன்மையைப் பெற்றவை. இவற்றில் காந்த சக்தி இருப்பதாகவும் இக் காந்த

சக்தி புவிப் பரப்பின் காந்த சக்தியைவிடப் பல்லாயிரம் மடங்கு வலிமையானது எனக் கண்டறிந்துள்ளனர். சூரியப் புள்ளியி லிருக்கும் காந்த சக்தி ஹைட்ரஜன் வாயுவை வெளியேற்றுகிறது. இது சுடர்விட்டு எரியும்போது ஒளிக்கதிர்கள் வெளியேறுகின்றன. இவை சூரிய ஒளிக்கதிர்கள் (Solar flares) என்று அழைக்கப்படு கின்றன. இவற்றிலிருந்துதான் எக்ஸ்ரேக்களும்' (X-rays) எலெக்ட்ரான் (Electron) புரோட்டான்களும் (Proton) புவியை வந்தடைகின்றன.

சூரியனைச் சுற்றியுள்ள 9 கோள்களைத் தவிரச் செவ்வாய், வியாழன் ஆகிய கோள்களுக்கிடையில் சிறு கோள் தொகுப்பு ஒன்று காணப்படுகிறது. இதில் சுமார் 1000 சிறு கோள்கள் இருக்குமெனக் கருதப்படுகிறது. இக் கோள்களின் விட்டம் சுமார் 800 கிலோ மீட்டர்களுக்கும் குறைவாக உள்ளது. இவையாவும் மற்றக் கோள்களைப் போலவே சூரியனைச் சுற்றி வருகின்றன.

கோள்கள்

சூரியனைச் சுற்றியுள்ள 9 கோள்களில் சூரியனுக்கு மிக அருகிலுள்ளவை புதன், சுக்கிரன், புவி, செவ்வாய் ஆகிய நான்கு கோள்களாகும். வியாழன், சனி, யுரேனஸ், நெப்டியூன், புளூட்டோ ஆகியவை சூரியனை விட்டு வெகு தொலைவில் உள்ளன.

புதன்

இக் கோள் சூரியனுக்கு வெகு அருகில் உள்ளது. எனவே, இங்கு வெப்பம் மிக அதிகமாக உள்ளது. இதன் மேற்பரப்பு ஈர்ப்பு விசை (surface gravity) புவியைப்போல் 3/10 பங்கு மட்டுமே இருப்பதால் இதில் வளிமண்டலம் காணப்படவில்லை. சூரியனின் புறம் நோக்கிய பரப்பில் சுமார் 410°C வெப்பமும் மறு புறத்தில் 0°C வெப்பமும் உள்ளது. இது நான்காவது பிரகாசமான கோளாகும். இதில் உயிர்கள் இல்லை. இதற்குத் துணைக் கோள்களும் இல்லை.

சுக்கிரன்

இது விண்வெளியில் சூரியனுக்கும் சந்திரனுக்கும் அடுத்த படியான பிரகாசத்தைப் பெற்றது. இதற்குத் துணைக் கோள்கள் இல்லை. புவிக்கு மிக அருகில் உள்ள இக் கோளின் விட்டம், அடர்த்தி, சுற்றிவரும் தன்மை ஆகியவை யாவும் புவியைப் போலவே உள்ளன. இதில் வளிமண்டலம் காணப்படுகிறது. ஆனால், அதில் கார்பன் டை ஆக்ஸைடு அதிகமாகக் காணப் படுகிறது. இதிலுள்ள பொருள்கள் சூரிய ஒளியைப் பிரதிபலிக்

கின்றன. சூரியனின் திசையில் வெப்பம் 284°C ஆகவும் மறு பக்கத்தில் —1·4°C முதல் —3·6°C வரையிலும் காணப்படுகிறது. ஆக்ஸிஜனும் நீரும் இங்கு இல்லை. தகுந்த பொருள்களுடன் மனிதன் சில காலம் இக் கோளில் தங்க முடியுமெனக் கருதப் படுகிறது.

புவி

நாம் வசிக்கும் புவி சூரியனிடமிருந்து 149 மில்லியன் கிலோ மீட்டர் தூரத்தில் உள்ளது. இதன் விட்டம் துருவ வழியே 12,640 கிலோ மீட்டர்களும், பூமத்திய ரேகை வழியே 12,683 கிலோ மீட்டர்களும் உள்ளது. இதன் அடர்த்தி 5·52 ஆகும். இதன் ஒரே துணைக்கோள் சந்திரனாகும்.

செவ்வாய்

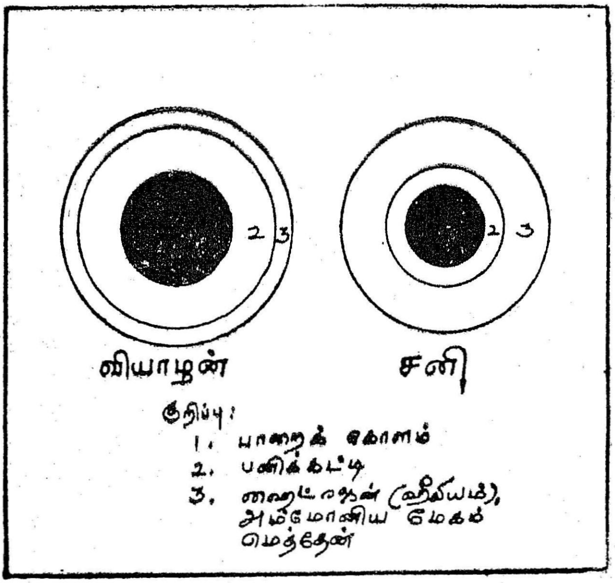
இக் கோள் புவியைக் காட்டிலும் பெரிய பாதையைக் (orbit) கொண்டது. இது புவியை விட அளவில் சிறியது. புவியைப் போல் இங்கும் கோடை, குளிர் காலங்கள் ஏற்படுகின்றன. எதிர் கோளார்த்தங்களில் இப் பருவங்கள் மாறுகின்றன. இதன் வளி மண்டலம் புவியின் வளிமண்டலத்தில் சுமார் 10% மட்டுமே உள்ளது. அதாவது வளிமண்டலம் மிகவும் மெல்லிய அடுக்காகக் காணப்படுகிறது. செவ்வாயிலிருந்து பிரதிபலிக்கும் பல வண்ணங்கள் தாவரம், மண் ஆகியவற்றின் பிரதிபலிப்பேயாகும். அங்குள்ள நைட்ரஜன் கூட்டுப்பொருள்களின் வண்ணம் மாறிக் கொண்டிருக்கிறது. செவ்வாயின் மேற்பரப்பு வானிலை சிதை வடைந்திருப்பதற்கான ஆதாரங்கள் உள்ளன. சில இடங்களில் நீர் இருந்ததற்கான தடயங்கள் காணப்படுகின்றன. தற்போது இக் கோளில் நீர் குறைவாகவே இருக்குமெனக் கருதப்படுகிறது.

சூரியனுக்கு அருகிலுள்ள நான்கு கோள்களின் மையத்திலும் பாறை அல்லது உலோகத்தாலான சிறிய கரு (core) காணப் படுகிறது. இதனைச் சுற்றிப் பெரிய வளிமண்டலம் உள்ளது. இதில் மெதேன் (methane), அம்மோனியா, நைட்ரஜன், நீர் போன்ற பொருள்கள் நிறையக் காணப்படுகின்றன. எனவே, கருவைச் சுற்றிப் பனிப் பொறைகள் (ice shells) பல ஆயிரம் கிலோமீட்டர் கனத்திற்கு இருக்குமென நம்பப்படுகிறது.

பெருங் கோள்கள்
(Outer planets)

சூரியனை விட்டு வெகு தொலைவிலுள்ள ஐந்து கோள்களில் வியாழன், சனி, யுரேனஸ், நெப்டியூன் ஆகிய நான்கு மட்டும்

புவியைவிட அளவில் மிகப் பெரியதாகும் (படம் 112). இவற்றில் மிகச் சிறிய வியாழனின் விட்டங்கூடப் புவியின் விட்டத்தைப் போல் நான்கு மடங்கு பெரியதாகும். இது புவியைப் போல் 318 மடங்கு பெரியது. இப் பெருங்கோள்களில் நெப்டியூனின் அடர்த்தி (1·61) மற்றதைக் காட்டிலும் அதிகமாகும். ஆனால், புவியின் அடர்த்தியில் இது மூன்றில் ஒரு பங்கே ஆகும். மேற் பரப்பு வெப்பம் இக் கோள்களில் குறைவாகக் காணப்படுகிறது. உதாரணமாக, வியாழனில் —138°C ஆகவும், நெப்டியூனில் —201°C ஆகவும் காணப்படுகிறது.



படம் 112. வியாழன், சனி ஆகியவற்றின் தொகுப்பமைப்பு

சனிக்கோளைச் சுற்றி வளையங்கள் காணப்படுகின்றன. இவை வெளிறிய அடர்ந்த வண்ணமுடைய ஒளிப்பட்டை வளையங்களாகும். இவ் வளையங்களில் சிறு பொருள்கள் காணப்படுகின்றன; இவை கோளைச் சுற்றி வருகின்றன. யுரேனஸும் நெப்டியூனும் ஏறத்தாழ ஒரே மாதிரியான பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன. சூரியனை விட்டு இவை வெகு தொலைவில் உள்ளதால் இங்கு வெப்பம் மிகக் குறைவாக அதாவது, —185°C ஆகக் காணப் படுகிறது.

சூரிய மண்டலத்தில் சூரியனை விட்டு வெகு தொலைவில் அமைந்திருப்பது புளூட்டோவாகும். இது 1930ஆம் ஆண்டு

கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது புவியின் பொருண்மையில் (mass) சுமார் 93% உள்ளது. இதன் விட்டம் 5,680 கி.மீ. ஆகும். இது சூரியனிடமிருந்து 5,872 மில்லியன் கி.மீ. தூரத்தில் உள்ளது. புளூட்டோ அளவில் மிகச் சிறியதாகையாலும் வெகுதூரத்தில் இருப்பதாலும் அது பற்றி அதிக விவரம் தெரியவில்லை. இதில் வெப்பம் உறைநிலைக்கு மிகவும் கீழ் இருக்கிறது.

சிறு கோள்கள்
(Asteroids)

1801ஆம் ஆண்டு செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்கும் இடையில் பல சிறுகோள்கள் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இவை யாவும் சூரிய மண்டலத்திலுள்ள மற்றக் கோள்களைப் போலவே இயங்கி வருகின்றன. இவற்றில் செரஸ் (Ceres), பல்லாஸ் (Pallas), ஜுனோ (Juno), வெஸ்டா (Vesta) ஆகியவை முக்கியமானவையாகும். இவற்றின் விட்டம் முறையே 768, 480, 192, 364 கிலோமீட்டர்களாகும். சிறு கோள்களின் தொகுப்பில் ஈராஸ் (Eros) என்ற சிறுகோள் ஒழுங்கற்று இருக்கிறது. இது புவியிலிருந்து 22 1/8 மில்லியன் கிலோ மீட்டர் தூரத்தில் உள்ளது. 1937ஆம் ஆண்டு இங்கிருந்து ஹெர்மஸ் (Hermes) என்ற சிறுகோள் புவிக்கு வெகு அண்மையில் (800,000 கிலோமீட்டர் தூரத்தில்) வந்து சென்றது. இவ்வாறு புவியை நெருங்கும் சிறு கோள்கள் சிதைந்து விண்கற்களாக விழுகின்றன.

சந்திரன்

புவியின் ஒரே துணைக்கோளான சந்திரன் புவியின் வடிவத்தையே ஒத்துள்ளது. இங்குள்ள பாறைகள் பல புவியிலுள்ள பாறைகளுக்கு ஒப்பானவை. புவிக்கு மிக அருகில் இருப்பதால் எல்லாக் கோள்களைக் காட்டிலும் இது நன்கு ஆராயப்பட்டுள்ளது.

சந்திரன் ஒரு பெரிய இயற்கையான துணைக்கோளாகும். இதன் விட்டம் 3,456 கி.மீ. இது புவியின் விட்டத்தில் $\frac{1}{4}$ பங்கு ஆகும். இது நீள்வட்டப் பாதையில் புவியைச் சுற்றிவருகிறது. இது புவியைப்போலவே கடிகார முள்ளுக்கு எதிராகச் சுழலுகிறது. ஒரு சமயம் புவிக்குச் சற்று அருகிலும் வேறொரு சமயம் சற்று விலகியும் காணப்படுகிறது.

சந்திரனின் ஒரு பக்கம் மட்டுமே நமக்குத் தெரிகிறது. புவி 4,640 கி.மீ. ஆரமுள்ள வட்டப் பாதையில் சுழன்று செல்லும் போது சந்திரன் அதே மையத்திலிருந்து 4,57,600 கி.மீ. ஆரமுள்ள வட்டப்பாதையில் சுழன்று செல்கிறது. இரண்டும் ஒரே மையத்தை ஆதாரமாகக் கொண்டு சுழல்கின்றன.

புவிக்கும் சூரியனுக்கும், புவிக்கும் சந்திரனுக்கும் இடையே தோன்றும் ஈர்ப்பு விசையினால் புவியில் ஏற்றவற்றம் (tides) ஏற்படுகிறது. புவியில் நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குவதற்கு ஓதமும் (ஏற்றவற்றம்) எவ்வாறு உதவியாக இருக்கிறது என்பதைப் பின்வரும் பகுதிகளில் பார்ப்போம்.

சந்திரன் மிகச் சிறியதாக இருப்பதால் அதன் மேற்பரப்பு ஈர்ப்பு விசை புவியின் ஈர்ப்பு விசையில் 1/6 பங்கு மட்டுமே இருக்கிறது. எனவே, புவியில் 6 பவுண்டு எடையுள்ள பொருள் சந்திரனில் ஒரு பவுண்டு எடை மட்டுமே இருக்கும். சந்திரனில் ஒரு பொருளை மேலே எறிந்தால் புவியில் அது செல்லும் தூரத்தைப் போல் 6 மடங்கு உயரமாகச் செல்லும்.

சந்திரனின் கன அளவு புவியின் கன அளவில் 1/50 பங்கு ஆகும். அதன் எடை புவியின் எடையில் 1/81 பங்கு ஆகும். எனவே, சந்திரனின் சராசரி அடர்த்தி 3·34 ஆக உள்ளது. இது பசால்ட் பாறையின் அடர்த்திக்கு ஒப்பாகும். இத்தகைய பாறைகள் இங்கு மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. சந்திரனில் உள்ள பாறைகள் பல புவியிலுள்ள பாறைகளுக்கு ஒப்பானவை.

சந்திரனில் ஈர்ப்பு விசை குறைவாக இருப்பதால் அதனைச் சுற்றி வளிமண்டலம் காணப்படவில்லை. ஏனெனில், சந்திரனின் பரப்பிலிருந்து வெளியேறும் வாயுக்களை ஈர்க்கும் அளவிற்கு இங்கு ஈர்ப்புச் சக்தி இல்லை. சந்திரனும் புவியைப் போலவே சூரியனிடமிருந்துதான் வெப்பத்தையும் ஒளியையும் பெறுகிறது. சூரிய ஒளியைப் பிரதிபலிப்பதால் இரவில் சந்திர ஒளி புவியை அடைகிறது. சூரிய ஒளிபடும் பக்கத்தில் வெப்பம் 200°F (93°C) ஆகவும், மறு பக்கத்தில் —243°F (—151°C) ஆகவும் இருக்கிறதென்று கணிக்கப்பட்டுள்ளது.

சந்திரனில் சமவெளிகளும், செங்குத்துச்சரிவு கொண்ட நீண்ட குன்றுகளும், எரிமலைவாய் போன்ற பள்ளங்களும் (lunar crater) காணப்படுகின்றன. சந்திரனில் இத்தகைய கிரேட்டர்கள் சுமார் 30,000 இருப்பதாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. இவற்றில் கிளேவியஸ், டைக்கோ, கோபர்நிகஸ் போன்றவை முக்கியக்

கிரேட்டர்களாகும். கிளேவியஸ் (Clavious) என்ற பெரிய கிரேட்டர் 234 கி.மீ. விட்டமும், அதன் விளிம்பு சுமார் 6000 மீ. உயரமும் கொண்டுள்ளது. ஒரு சிறிய கிரேட்டர் (crater) 3—5 கி.மீ. விட்டம் கொண்டுள்ளது. இக் கிரேட்டர்கள் எரிமலை குமுறியதால் ஏற்பட்டிருக்குமென்று முன்பு கருதப்பட்டது. ஆனால், அவற்றின் அமைப்பு இக் கருத்துக்கு ஏற்ப இல்லை. கில்பர்ட்டின் (Gilbert) கருத்துப்படி விண்கற்கள் (meteorites) அதிவிசையுடன் சந்திரனை மோதியதால் இத்தகைய கிரேட்டர்கள் தோன்றின என்று கொள்ளப்படுகிறது.

சூரிய மண்டலத்தில் துணைக் கோள்கள், சிறு கோள்களைத் (asteroids) தவிர வால் நட்சத்திரம் (comet), எரி நட்சத்திரம் (meteors), விண் கற்கள் (meteorites) போன்ற பொருள்களும் காணப்படுகின்றன.

வால் நட்சத்திரம்

வால் நட்சத்திரம் என்பது சூரியனைச் சுற்றி நீள் வட்டப் பாதையில் சுழன்று செல்லுகிற ஒரு சிறு திடப்பொருளாகும். இவை சூரிய மண்டலத்தில் அங்கம் வகிக்கிற சிறு கோள்களாகும். ஹேலி (Halley), என்ற வானவியல் அறிஞர்தாம் வால் நட்சத்திரங்களை முதன்முதலில் கண்டறிந்தார். வால் நட்சத்திரங்கள் சூரியனைச் சுற்றி வலம் வருவதால் ஒரே சீரான இடைவெளி நேரங்களில் நம் கண்ணுக்குப் புலப்படுகின்றன. இவற்றின் நீள் வட்டப்பாதை மிகப் பெரியதாகும். இப் பாதை கோள் பாதையிலிருந்து வேறுபடுகிறது. இப் பாதையின் ஒரு பக்கம் சூரியனுக்கு மிக அருகிலும், மறு பக்கம் விலகியும் காணப்படுகிறது. இவை சூரியனுக்கு அருகில் வரும்போது நமக்கும் அருகில் இருக்கின்றன. எனவேதான் நம்மால் பார்க்க முடிகிறது. பின்பு அவை மறைந்து மீண்டும் திரும்பி வருவதற்குப் பல ஆண்டுகள் ஆகும். சூரிய மண்டலத்திலுள்ள மிகச் சிறிய பாதை கொண்ட வால் நட்சத்திரம் திரும்பி வருவதற்கு 3·3 ஆண்டுகள் ஆகின்றன. ஹேலியின் வால் நட்சத்திரம் 76 ஆண்டுகளுக்கு ஒரு முறை நம் கண்ணுக்குப் புலப்படுகிறது.

வால் நட்சத்திரம் விசையுடன் பாயும் நீண்ட குண்டு போன்ற உருவம் கொண்டது. இதன் குறுகிய தலைப் பக்கத்தில் கோடிக் கணக்கான சிறு பாறைத் துண்டுகளும் தூசுகளும் காணப்படுகின்றன. இவை சூரிய ஒளியில் பட்டுப் பிரதிபலிக்கின்றன. வால் நட்சத்திரம் சூரியனை நெருங்கும்போது அதன் தலைப் பக்கத்திலிருந்து வாயுக்கள் வெளிப்படுவதால் அது வில் போன்ற அமைப்

புடன் நீண்டு செல்கிறது. இந்த வால் மில்லியன் கணக்கான கி.மீ. களுக்கு நீண்டு செல்கிறது. தலையைப் போல் வால் அவ்வள வாகப் பிரகாசிப்பதில்லை. வாலிலுள்ள வாயுக்கள் குழல் விளக்கி லுள்ள (tube light) வாயுக்கள் பிரகாசிப்பதைப்போலப் பிரகாசிக் கின்றன. வால் எப்போதும் சூரியனுக்கு எதிர்த் திசையில் காணப் படுகிறது. சூரிய ஒளியின் அழுத்தம் வாயுக்களைக் கீழ்நோக்கி அமுக்குவதால் அது கீழே நீண்டு காணப்படுகிறது. அதன் நீளம் சுமார் 80 மில்லியன் கி.மீ. இருக்கலாம்.

சுமார் 7 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு சூரியன் மேகம் போன்ற ஒரு நெபுலாவின் வழியே சென்றபோது வால் நட்சத் திரங்கள் தோன்றியிருக்கலாமெனக் கருதப்படுகிறது. இவை சூரிய னுடைய ஈர்ப்புச் சக்தியால் சூரிய மண்டலத்திற்கு ஈர்க்கப் படுவதுண்டு. சில சமயம் சூரிய மண்டலத்திலிருந்து விலகியும் செல்வதுண்டு. வால் நட்சத்திரங்கள் வெகு வேகமாகப் பயணம் செய்வதால் வானத்தில் அவை மிகக் குறுகிய காலத்திற்கு மட்டுமே காணப்படுகின்றன.

எரி நட்சத்திரம் (Meteors)

எரி நட்சத்திரம் அல்லது எரி மீன்கள் (meteors or shooting stars) என்பவை புவியை நோக்கி வேகத்துடன் விழுகிற சிறு திடப் பொருள்களாகும். சூரிய மண்டலத்தில் இவை கோடிக் கணக் காக உள்ளன. இவற்றில் சில சூரியனைச் சுற்றி வருகின்றன. இவை புவிக்கு அருகில் வரும்போது புவிஈர்ப்பு விசையால் ஈர்க்கப்படுகின்றன. அப்போது வளி மண்டலத்திற்குள் நுழையும் போது ஏற்படுகிற உராய்வினால் இவற்றிலுள்ள திடப் பொருள்கள் பிரகாசமாக எரிந்து சாம்பலாகின்றன. இந்த ஒளி ஒரு நொடிப் பொழுதில் மறைகிறது. இதனை எரி நட்சத்திரம் (Meteors) அல்லது நெருப்புப் பந்து (fire ball) என்கிறோம். எரி நட்சத்திரங் களினால் வளி மண்டலத்தின் மேல்மட்டப் பண்புகளை நாம் அறிய முடிகிறது. புவியை நோக்கி விழுகிற இப் பொருள்கள் வளி மண்டலத்தில் ஊடுருவும்போது வினாடிக்கு 40 முதல் 64 கி.மீ. வேகம் வரை செல்கின்றன. இவை தவிரச் சிறு துகள்களும் அதிக மான அளவுக்குப் புவியை நோக்கி அன்றாடம் விழுந்துகொண்டிருக் கின்றன. இவ்வாறு புவியை வந்தடையும் பொருள்களின் மொத்த மதிப்பீடு ஆண்டுக்கு 20,000 டன்களாகும்.

விண் கற்கள் (Meteorites)

சூரிய மண்டலத்தின் சிறு கோள்களிலிருந்து பிரிந்து புவியை அடைகிற திடப் பொருள்களில் சிறியவை வளிமண்டலத்தில்

எரிந்து சாம்பலாகின்றன. பெரிய மற்றும் எரியாத திடப் பொருள்கள் அப்படியே புவியின் தரையில் விழுகின்றன. இவை விண்கற்கள் (Meteorites) எனப்படும். இவை புவியை அடையும் போது ஒளியுடன் இடி போன்ற ஓசையும் கேட்பதுண்டு. புவியின் மீது விழும் விண்கற்கள் மிகப் பெரியனவாக இருந்தால் அவை விழுந்த இடத்தில் குழிகள் ஏற்படுகின்றன. இவை எரி நட்சத்திர வாய்கள் (meteors crater) எனப்படும். விண்கற்களினால் அண்டத்துக் கோள்களின் தொகுப்பமைப்புபற்றிச் சில உண்மைகளை அறிய முடிகிறது. புவியின் உள் அமைப்பை அறிவதற்கும் இது உதவுகிறது.

19. புவியின் தோற்றம்
(Origin of the Earth)

சூரிய மண்டலம், புவி ஆகியவற்றின் தோற்றம் (origin) குறித்துப் பண்டைக் காலத்தில் பல்வேறுன புராதனக் கருத்துகள் நிலவிவந்தன. 18ஆம் நூற்றுண்டில்தான் புவியின் தோற்றம் பற்றிய விஞ்ஞான ரீதியான கருத்துகள் வெளியிடப்பட்டன. அண்மைக்கால ஆராய்ச்சியின் விளைவாகப் புவியைப்பற்றிப் பல புதிய விவரங்கள் நமக்குக் கிடைத்துள்ளன.

காண்ட் கொள்கை (Kant's Theory)

சூரிய மண்டலத்தின் தோற்றம் குறித்து விஞ்ஞான ரீதியில் முதன் முதலாக விளக்கம் தந்தவர் இம்மானுவேல் காண்ட் (Immanuel Kant) என்ற ஜெர்மானிய அறிஞராவார். இவர் 1755ஆம் ஆண்டில் நியூட்டனின் புவியீர்ப்பு விசைக் கொள்கையை ஆதாரமாகக் கொண்டு 'A General Theory of the Heavens or Essay on the Mechanical Structure of the Universe on the Principles of Newton' என்ற புத்தகத்தை வெளியிட்டார். இவருடைய கொள்கையின் சுருக்கம் பின்வருமாறு:

1. இறைவனுல் படைக்கப்பட்ட (Supernaturally created) கடினமான பொருள்கள் அவற்றின் ஈர்ப்பு விசையினுல் ஒன்றோடொன்று மோதிக் கொண்டன.

2. அவ்வாறு மோதியதன் விளைவாக இப் பொருள்கள் சுழல ஆரம்பித்ததோடு வெப்பமும் அடைந்தன. எனவே, முதலில் அசைவற்றுக் குளிர்ந்திருந்த இவை நாளடைவில் வெப்பம் மிகுந்த சுழலுகிற ஒரு பெரிய வாயுக் கோளமாக (நெபுலா-Nebula) மாறின.

3. அந்த வாயுக் கோளம் (நெபுலா) மிக வேகமாகச் சுழன்றதால் மையம் விலகும் சக்தி தோன்றி மத்திய ரேகைப் பகுதியிலிருந்து வாயுப் பொருள்கள் வளையம்போல் தூக்கியெறியப்பட்டன.

4. வளையம் போன்று தூக்கியெறியப்பட்ட இப்பொருள்கள் ஒவ்வொன்றும் உறைந்து பின்னர்க் கோள்களாக மாறின.

5. கோள்களாக மாறியபின் அவை மேலும் உறைந்ததால் அவற்றிலிருந்து எறியப்பட்ட சிறிய பொருள்கள் துணைக் கோள்களாக (satellites) மாறின. இவ்வாறு கோள்களும் துணைக் கோள்களும் நெபுலாவிலிருந்து தோன்றியபின் அதன் எஞ்சிய மையப்பகுதிதான் இன்று சூரியனுகக் காட்சி தருகிறது.

கான்டின் கருத்துப்படி நெபுலாவின் கடினப் பொருள்கள் மோதிக் கொள்வதால் அதற்குச் சுழற்சி ஏற்படுகிறது என்பது கோணத் திணிவு விசை (Angular Momentum) தத்துவத்திற்கு மாறுக இருப்பதால், இக் கொள்கை பொதுவாக ஏற்றுக்கொள்ளப் படுவதில்லை.

நெபுலா கொள்கை (Nebular Hypothesis)

லாப்லஸ் (Laplace) என்ற ஃபிரான்ஸ் நாட்டு கணித மேதை 1796ஆம் ஆண்டு இக் கொள்கையை வெளியிட்டார். இவர் கான்ட் கொள்கையில் சிறிது மாற்றங்கள் செய்து தம் கொள்கையை 'Exposition of the World System' என்ற நூலில் வெளியிட்டார். இக் கொள்கையின் விவரமாவது (படம் 113).

1. ஆரம்பத்திலிருந்தே நெபுலா வெப்பம் மிகுந்த சுழலுகிற ஒரு வாயுக் கோளாக இருந்தது.

2. வெப்பம் மிகுந்த நெபுலா குளிர்ச்சியடைந்து சுருங்கிய போது அதன் சுழலும் வேகம் மேலும் அதிகரித்தது. இதனுல் மையம் விலகும் விசையும் அதிகரித்தது.

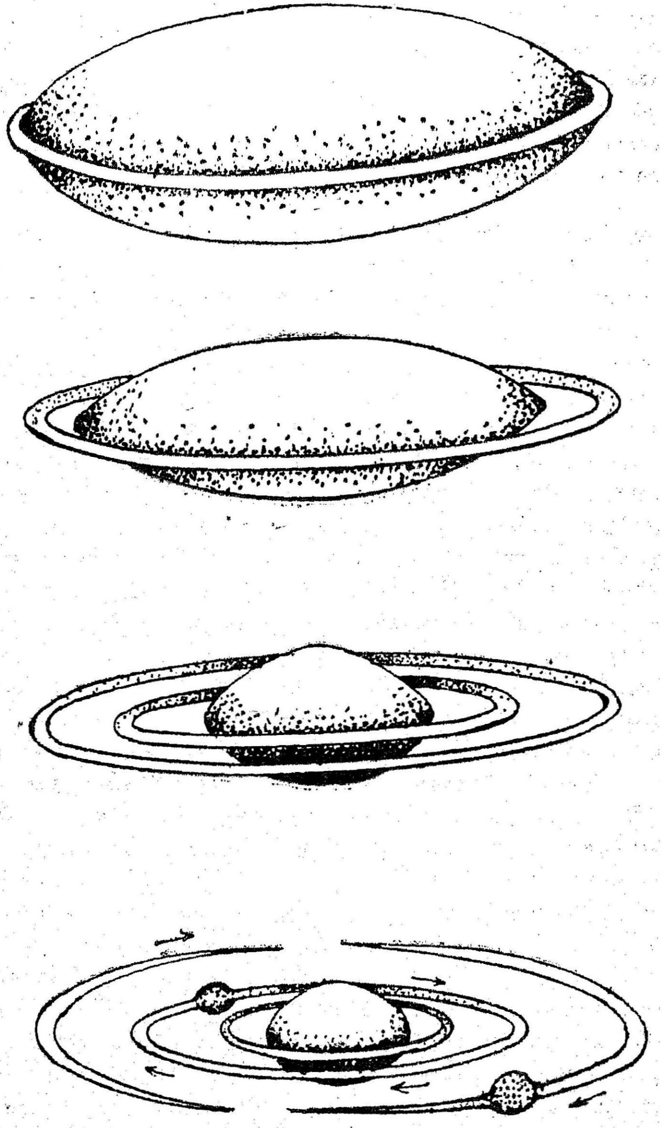
3. அதிகமான சுழற்சியினுல் நெபுலா சிறிது சிறிதாகத் தட்டையான உருவத்தைப் பெற்றது. நெபுலாவின் மத்திய ரேகைப் பகுதியில் மையம் விலகும் விசையும், ஈர்ப்பு விசையும் சமநிலையை அடையும் வரை நெபுலா தட்டையாக்கப்படுவது தொடர்கிறது. இந்நிலையில் மத்தியரேகைப் பகுதியிலுள்ள வாயு வளையப் பொருள்கள் தம் எடையை இழந்துவிடுவதால் சுருங்கி வரும் நெபுலாவை விட்டு விலகுகின்றன. பின்னர் இவ் வளையப் பொருள்கள் சுருங்கிக் கோள்களாக மாறின.

4. இவ்வாறே கோள்களிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்ட வெப்பமான வாயுப் பொருள்கள் சுருங்கித் துணைக் கோள்களாக மாறியபின் நெபுலாவின் எஞ்சிய பகுதி சூரியனுக மாறியது.

லாப்லஸ் தம் கொள்கையில் கோள்களும் துணைக் கோள்களும் எவ்வாறு சூரியனைச் சுற்றி ஒரே மாதிரியான திசையில் சுழன்று செல்லும் தன்மையைப் பெற்றன என்பதை விளக்கியுள்ளார். இதைத் தவிர இன்று நாம் காணும் கோள்களின் நீள் வட்டப் வடிவப் பாதைகள் ஒரே தளத்தில் அமைந்திருப்பதற்கான காரணத்தையும் இதில் உணர்த்தியுள்ளார். கோள்கள் முதலில் வாயுக் கோளமாகவும், பின்னர்க் குளிர்ந்து உறைந்து திடத் தன்மையைப் பெற்றன என்ற முடிவுக்கு வருவதற்கு இந்த நெபுலா கொள்கை வித்திட்டது எனலாம்.

லாப்லஸின் நெபுலா கொள்கை சுமார் 100 ஆண்டுகள் வரை எவ்வித எதிர்ப்பிற்கும் உள்ளாகாமல் இருந்தது. ஆனால், அதன் பின்னர்த் தெரிந்துகொண்ட புதிய விவரங்களினால் இக் கொள்கை தன் முக்கியத்துவத்தை இழந்துவிட்டது. லாப்லஸின் கருத்துப் படி சுழன்றுகொண்டிருக்கும் நெபுலாவிலிருந்து பிரிந்து சென்று உருவான கோள்களும் துணைக் கோள்களும் ஒரே திசையில் சுழன்று வருகின்றன; அவற்றின் பாதைகளும் ஒரே தளத்தில் அமைந்துள்ளன. ஆனால், 1797ஆம் ஆண்டிலேயே யுரேனஸின் (Uranus) துணைக் கோள்களின் பாதைகள் யுரேனஸ் பாதைத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருப்பது உணரப்பட்டது. இதன் பிறகு நெப்டியூன், வியாழன், சனி ஆகிய கோள்களின் துணைக் கோள்கள் எதிர்த் திசையில் சுழன்று கொண்டிருப்பது கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. லாப்லஸின் கொள்கைக்கு மற்றொரு முக்கிய எதிர்ப்பு நெபுலா சுழலும் வேகத்தைப் பற்றியதாகும். நெபுலா விலிருந்து வாயு வளையங்கள் எறியப்பட்டு எஞ்சியது சூரியன் என்பதை இக் கொள்கை விளக்குகிறது. நெபுலாவிலிருந்து வாயு வளையங்கள் எறியப்படுவதற்கு மிக அதிகமான சுழற்சி வேகம் தேவை. அதாவது, நெபுலாவிலிருந்து எஞ்சி யிருக்கிற சூரியன் தற்போது சுழலுகிற வேகத்தைப் போல் நூற்றுக்கணக்கான மடங்கு இருந்தால்தான் அவ்வாறு வாயு வளையங்களை எறிந்திருக்க முடியும். ஆனால், சூரியன் தற்போது சுழன்றுகொண்டிருக்கும் வேகம் மிகக் குறைவாகும். லாப்லஸின் கருத்துப்படி நெபுலாவிலிருந்து எல்லாக் கோள்களும் தோன்றிய தால் நெபுலா பரப்பு சூரியனிடமிருந்து புளூட்டோ வரையில் அமைந்திருக்க வேண்டும். அப்படியிருப்பின், அதன் விட்டம் சுமார் 9,600 மில்லியன் கிலோமீட்டர்களாகும். இவ்வளவு பெரிய விட்டமுள்ள ஒரு நெபுலா வாயு வளையங்களை எறியக்கூடிய அள விற்கு வேகமாகச் சுழலுவது என்பது இயலாத காரியம். எனவே, நெபுலாவிலிருந்து வாயு வளையங்கள் எறியப்பட்டிருப்பதற்கு வாய்ப்பில்லை. அவ்வாறு எறியப்பட்டிருந்தாலும் அப்பொருள்கள்

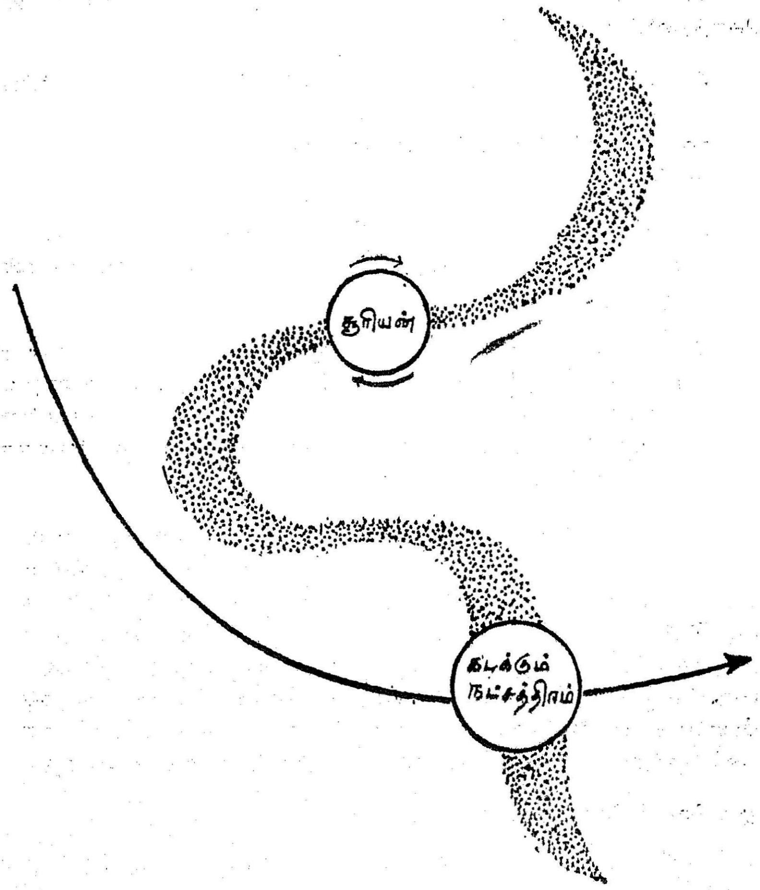
அண்டத்தில் சிதறிப்போயிருக்குமாதலால் குளிர்ச்சியடைந்து கோள்களாக மாறியிரா.



படம் 113. லாப்லஸின் நெபுலா கொள்கையை விளக்கும் படம்

கோள் அணுக் கொள்கை (Planetesimal Hypothesis)

அமெரிக்காவைச் சார்ந்த சேம்பர்லின் (Chamberlin) என்ற புவி விஞ்ஞானியும் மோல்டன் (Moulton) என்ற வானியல் அறிஞரும் சேர்ந்து 1905ஆம் ஆண்டு இக் கொள்கையை வெளியிட்டனர். மற்றக் கொள்கைகளில் கூறியதுபோல் இதில் ஒரே



படம் 114. சேம்பர்லின், மோல்டன் கோள் அணுக் கொள்கையை விளக்கும் படம்

ஒரு நெபுலாவிலிருந்து கோள்கள் தோன்றவில்லை. இக் கொள்கையின்படி சூரியனுக்கும் மற்றொரு நட்சத்திரத்திற்கும் ஏற்பட்ட நெருக்கத்தின் காரணமாகக் கோள்கள் தோன்றின (படம் 114). இக் கொள்கையின் மற்ற விவரங்கள் பின் வருமாறு :

1. சூரியனின் மேற்பரப்பில் அடிக்கடி கொந்தளிப்பு ஏற்பட்டு ஆயிரக்கணக்கான கி.மீ. உயரத்திற்கு ஆவியும், வாயுக்களும் நிரம்பிய சுவாலைகள் (prominences) பீரிட்டு எழுந்தன.

2. சூரியனை மற்றொரு நட்சத்திரம் அணுகிக் கடக்கும்போது கொந்தளிப்பு அதிகரித்தது.

3. இவ்வாறு கடக்கும் போது அந் நட்சத்திரத்தின் ஈர்ப்பு விசையால் சுவாலையிலிருந்த ஆவியும் வாயுக்களும் சூரியனிடமிருந்து வெளியேற்றப்பட்டு அவை அந் நட்சத்திரம் செல்லும் திசையிலேயே ஈர்க்கப்பட்டன.

4. சூரியனை விட்டு வெகு தொலைவிற்கு இப் பொருள்கள் ஈர்க்கப்பட்டதால் இவை குளிர்ந்து சிறிய கெட்டியான கோள் அணுக்களாக (planetesimals) மாறின.

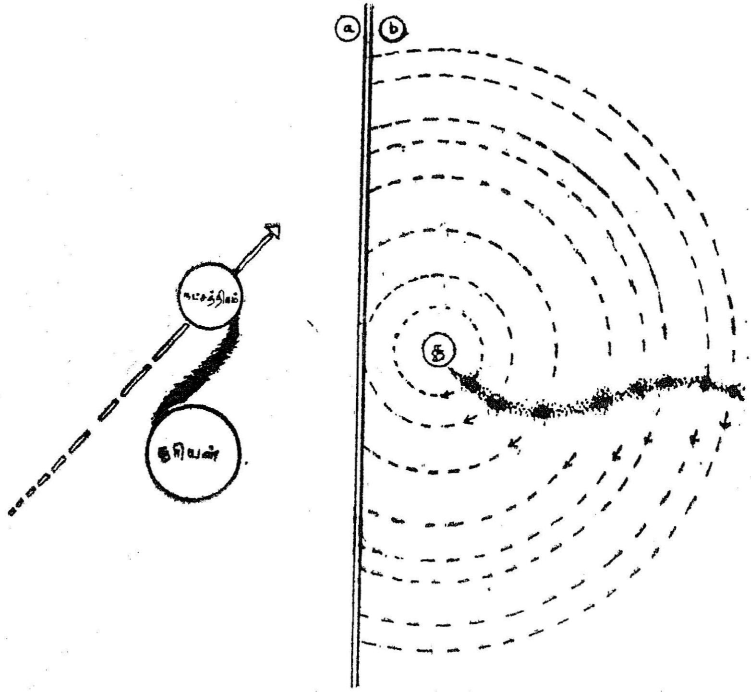
5. பின்னர் இக் கோள் அணுக்கள் ஒன்றையொன்று மோதியதால் இணைந்து பல தொகுப்புகளாகக் குழுமி, நாளடைவில் கோள்களாக மாறிச் சூரியனைச் சுற்றிவந்தன. எஞ்சியுள்ள கோள் அணுக்கள் ஆங்காங்கே திரண்டு துணைக்கோள்களாக மாறிக் கோள்களைச் சுற்றிவந்தன.

இக் கொள்கையில் கோள் அணுக்கள் ஒன்றையொன்று மோதும்போது எவ்வாறு இணைந்து கோள்களாக மாறுகின்றன என்பது விளக்கப்படவில்லை. மேலும், சிறு வாயுப் பொருள்கள் சூரியனிடமிருந்து வெளிப்பட்டால் அவை கோள் அணுக்களாக மாறுவதற்குப் பதிலாக ஆவியாகத்தான் மாறமுடியும். இப்போது கோள்களுக்கு இருக்கும் கோணத் திணிவு வேகத்தைப் பார்க்கும் போது அவை சூரியனிடமிருந்து எறியப்பட்ட சிறு வாயுப்பொருள்களிலிருந்து தோன்றியவை என்பது ஏற்றுக்கொள்ள முடியாது.

ஓதவிசைக் கொள்கை (Tidal Theory)

சூரிய மண்டலக் கோள்களின் தோற்றம்பற்றி 20ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் வெளியிடப்பட்ட கொள்கைகளில் ஓதவிசைக் கொள்கை அனைவரின் கவனத்தையும் ஈர்த்தது. இக் கொள்கையை பிரிட்டனைச் சார்ந்த வானியல் அறிஞர் சர் ஜேம்ஸ் ஜீன்ஸ் (Sir James Jeans) என்பவர் வெளியிட்டார். பின்பு ஜெஃப்ரீஸ் (Jeffreys) என்ற அறிஞர் இக் கொள்கையில் சில மாற்றங்களைச் செய்து வெளியிட்டார். இக் கொள்கையில் சூரியனுக்கு அருகே ஒரு பெரிய நட்சத்திரம் கடந்து சென்றதால் ஏற்பட்ட

ஈர்ப்பு சக்தியினால் வாயுப்பொருட்கள் ஈர்க்கப்பட்டு கோள்கள் தோன்றியதாகக் கூறப்படுகிறது (படம் : 115). அதன் விவரம் பின்வருமாறு :



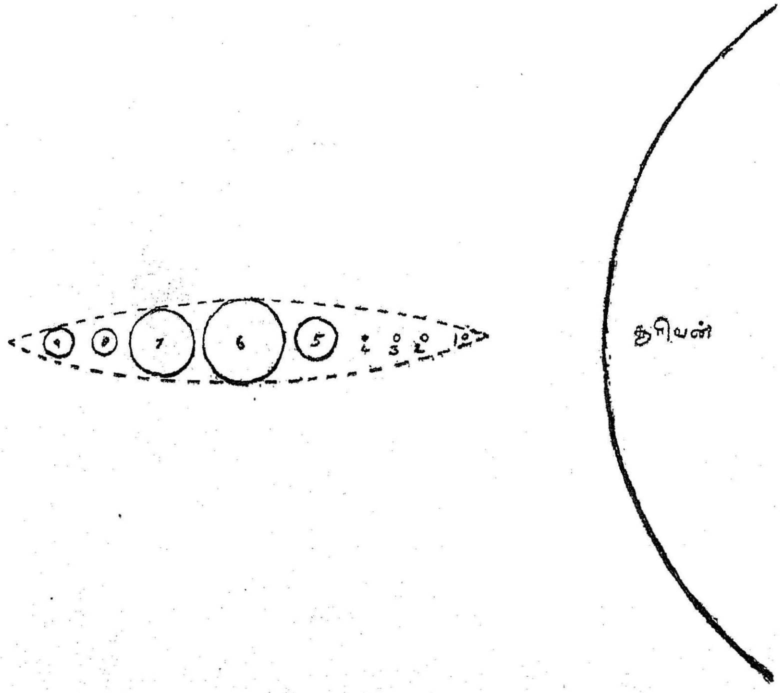
படம் 115. ஓதவிசைக் கொள்கையை விளக்கும் படம் :
(a) வாயுச்சுருள் தோன்றுதல் (b) வாயுச்சுருள் கோள்களாக சுருங்கும் போது அவற்றின் இருப்பிடம்.

1. சூரியனை ஒரு மிகப் பெரிய நட்சத்திரம் கடந்து சென்றதால் சூரியனின் மேற்பரப்பிலிருந்து வாயுப்பொருள்கள் ஈர்க்கப்பட்டு சுருள்போல் (filament) வெளிவரத் தொடங்கியது. இது சுருட்டின் (cigar) வடிவத்தை ஒத்திருந்தது.

2. இச்சுருள், நட்சத்திரத்தின் திசையில் ஈர்க்கப்பட்டதால் சூரியனின் வடிவம் சற்று மாறுதல் அடைந்தது. சூரியனிலிருந்து நீண்டு வந்த சுருள் நடுவில் பருத்தும் முனைகளில் சிறுத்தும் காணப் பட்டது.

3. நட்சத்திரம் சூரியனை விட்டுச் செல்லச்செல்ல இந்த வாயுச்சுருள் சூரியனிடமிருந்து நீண்டு அதை விட்டுப் பிரிந்தது. பின்பு அது சூரியனைச் சுற்றிவரத் தொடங்கியது.

4. இருபுறமும் குவிந்த இவ்வாயுச் சுருளில் அடர்த்தி எல்லா பகுதியிலும் சமமாக இல்லை. வாயுவாக இருந்த இது திடநிலையை அடைந்து பல பாகங்களாகப் பிரிந்து குளிர்ந்து கோள்களாக மாறியது.



படம் 116: கோள்களின் அளவு வாயுச் சுருளின் (சுருட்டு போன்ற) அமைப்புக்கு பொருந்துவதாக உள்ளது.
1. புதன் 2. சுக்கிரன் 3. புவி 4. செவ்வாய் 5. ஆஸ்டிராய்ட்ஸ் 6. வியாழன் 7. சனி 8. யுரேன்ஸ் 9. நெப்டியூன்.

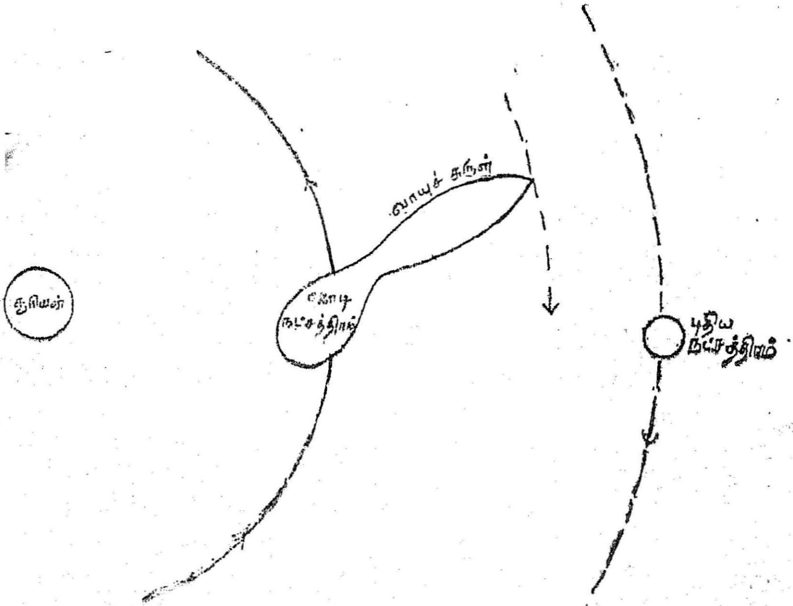
5. இக்கோள்கள் சூரியனை வலம் வரும்போது சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையால் பொருள்கள் வெளியேற்றப்பட்டு துணைக் கோள்கள் உருவாயின.

தற்போது சூரிய மண்டலத்திலுள்ள கோள்களை வரிசையாகப் பொருத்தினல் புறங்குவிந்த வாயுச் சுருள் வடிவம் நமக்கு கிடைக்கிறது. அதாவது வியாழனை நடுவிலும் மற்ற கோள்களை அதன் இரு புறத்திலும் பெரியதிலிருந்து சிறியதாக பொருத்திப் பார்த்தால் அவை புறங்குவிந்த வடிவத்தில் (படம்: 116) பொருந்துவதைப் பார்க்கலாம். இருப்பினும் இக்கொள்கையை

முழுமையாக நாம் ஏற்றுக்கொள்வதில்லை. ஏனெனில் ஒரு நட்சத்திரம் சூரியனை அணுகுவது என்பது இயலாத காரியம். இதைத் தவிர நட்சத்திரம் சூரியனுக்கு அருகாமையில் கடந்து சென்றதனுல் சூரியனிடமிருந்து பொருள்கள் பிரிந்து கோள்கள் தோன்றியிருக்குமாயின் அவை சூரியனுக்கு அருகிலேயே இருக்க வேண்டும். ஆனுல் புளூட்டோ சூரியனிடமிருந்து 5,872 மில்லியன் கி.மீ. தூரத்தில் உள்ளது.

இரட்டை நட்சத்திரக் கொள்கை (Binary Star Hypothesis)

சமீப காலத்து கொள்கையின்படி பிரபஞ்சத்திலிருக்கும் நட்சத்திரங்களில் பாதிக்குமேல் இரட்டை நட்சத்திரங்களாக இருக்கின்றன. இக்கொள்கையின் அடிப்படையில் 1936 ஆம் ஆண்டு ரஸல், (Russel) லிட்டில்டன் (Lyttleton) போன்ற ஆங்கிலேய வானியல் அறிஞர்கள் தங்களுடைய இரட்டை நட்சத்திரக் கொள்கையை வெளியிட்டனர் (படம்: 117). இவர்களுடைய கருத்து பின்வருமாறு:



படம் 117: இரட்டை நட்சத்திரக் கொள்கையை விளக்கும் படம்

1. பிரபஞ்சத்தில் சூரியனுக்கு இணையாக மற்றொரு துணை நட்சத்திரமும் (Companion Star) இருந்தது. அது சூரியனைச்

சுற்றி வந்தது. சூரியனும் இத் துணை நட்சத்திரமும் ஜோடி நட்சத்திரங்களாக விளங்கின.

2. ஒரு சமயம் ஜோடி நட்சத்திரத்தை மற்றொரு புதிய நட்சத்திரம், (Intruding Star) மிக அருகில் கடந்து சென்றது.

3. அவ்வாறு கடந்து சென்றதால் ஜோடி நட்சத்திரம் ஈர்க்கப்பட்டு அதன் பரப்பிலிருந்து சுருட்டு போன்ற வாயுச் சுருள் தோன்றி பிரிந்து வந்தது.

4. அதன் பின்பு ஜோடி நட்சத்திரம் புதிய நட்சத்திரத்தால் (Intruding Star) வெகுவாக ஈர்க்கப்பட்டு சூரியனின் கவர்ச்சி மண்டலத்திற்கு அப்பால் இழுத்துச் செல்லப்பட்டது.

5. இவ்வாறு ஈர்க்கப்பட்ட சுருட்டு போன்ற சுருள் சூரியனை வலம் வரும்போது அதிலுள்ள பொருள்கள் குளிர்ச்சியடைந்து கோள்களாக உருவாயின.

6. கோள்களுக்கு இடையே உள்ள ஈர்ப்பு, விசையால் கோள்களின் பரப்பிலிருந்து துணைக் கோள்கள் தோன்றின.

இக்கொள்கையின்படி கோள்கள் யாவும் ஜோடி நட்சத்திரத்திலிருந்து தோன்றியதால் அவை ஒன்றுக்கொன்று அருகருகே இருக்க வேண்டும். ஆனால், இப்போது அவை அவ்வாறு இல்லை. புதன், புளூட்டோ போன்றவை ஜோடி நட்சத்திரம் இருந்த இடத்திலிருந்து வெகு தூரத்தில் காணப்படுகின்றன.

நோவா கொள்கை (The Nova Theory)

சூரிய மண்டலத்தின் கன பரிமாணத்தை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது கோள்களின் கன பரிமாணம் மிக மிகச் சிறியதாகும் (படம்: 110). சூரியனை ஒரு திராட்சைப் பழத்தின் அளவிற்கு ஒப்பிட்டு மற்ற கோள்களின் இருப்பிடத்தைக் குறித்தால் அவை சுமார் 90 மீ. தூரத்தில் அமைந்திருக்கும். இதில் வியப்புக்குரியது என்னவெனில் அவ்வளவு தூரத்தில் அவை அமைந்திருந்தும்கூட அவற்றின் கோணத்திணிவு வேகம் அதிகமாக இருப்பதுதான். சூரியனுக்கும் கோள்களுக்குமிடையே உள்ள தூரத்தைப் பார்க்கும்போது கோள்கள் சூரியனிடமிருந்து பிரிந்து வந்திருக்க முடியுமா என்ற ஐயம் எழுகிறது. சூரியனிலும் மற்ற கோள்களிலும் காணப்படும் தனிமங்கள் இந்த ஐயத்தை உறுதிப்படுத்துகின்றன. சூரியனில் ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்ற லேசான தனிமங்கள் அதிக அளவில் காணப்படுகின்றன.

ஆனால் கோள்களில் இதற்கு மாறாக எடை அதிகம் கொண்ட அணுக்கள் நிரம்பிய இரும்பு, சிலிகா, அலுமினியம் போன்ற தனிமங்கள் மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. எனவே கோள்கள் வேறு பொருள்களிலிருந்து தோன்றியவையாக இருக்க வேண்டும். இக்கருத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டுதான் லீட்டில்டன் (Lyttleton) என்பவர் இரட்டை நட்சத்திர கொள்கையை வெளி யிட்டார்.

நோவா கொள்கையை (The Nova Theory) 1946 ஆம் ஆண்டு ஹாய்ல் (Hoyle) என்பவர் வெளியிட்டார். இது இரட்டை நட்சத்திர கொள்கையை அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும். லீட்டில்டன் (Lyttleton) கொள்கையில் சூரியனும் அதன் ஜோடி நட்சத்திரமும் அருகருகே இருக்கும்போது ஒரு புதிய நட்சத்திரம் அவற்றைக் கடந்து சென்றதால் ஜோடி நட்சத்திரத்தி லிருந்து கோள்கள் தோன்றின என்பதை ஏற்கனவே பார்த்தோம். ஆனால், ஹாய்ல் கொள்கையில் புதிய நட்சத்திரம் வராமலேயே ஜோடி நட்சத்திரத்திலிருந்து கோள்கள் தோன்றுகின்றன. அதன் விளக்கம் பின்வருமாறு :

1. சூரியனும் மற்றொரு நட்சத்திரமும் ஜோடியாக இருந்தன. இவை இரட்டை நட்சத்திரமாகும்.

2. இவை இரண்டும் ஒரே மாதிரியாக இல்லாமல் வெவ் வேறு கனபரிமாணமும் வெப்பமும் கொண்டிருந்தன.

3. இவ்விரண்டில் புதிய நட்சத்திரம் அதிக வெப்பம் கொண்டதாக இருந்தது. இந்நட்சத்திரத்தில் மட்டும் அணுக்கள் பெரியதாக இருந்ததால் அதனுடைய எடை அதிகமாக இருந்தது.

4. இந்த நட்சத்திரத்திலிருந்து வெளிப்பட்ட வெப்பத்தினால் வெப்பக் கதிர்வீச்சு அதிகமாக இருந்தது. இதன் விளைவாக அதனிடமிருந்த ஹைட்ரஜன் முழுவதும் தீர்ந்ததால் இது பயங் கரமாக வெடித்தது. இவ்வாறு வெடிப்பது சூப்பர் நோவா (Super Nova) எனப்படும்.

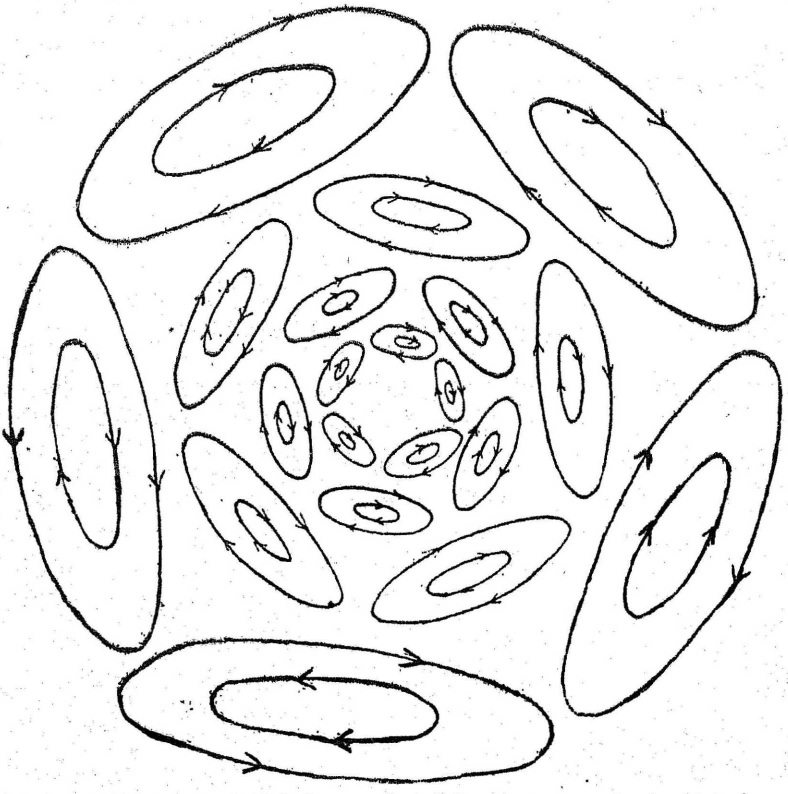
5. சூப்பர் நோவா வெடியில் புதிய நட்சத்திரத்தின் பெரும் பகுதி சூரியனின் ஈர்ப்பு சக்திக்கப்பால் விண் வெளியில் தூக்கி யெறியப்பட்டது.

6. ஆனால் சூப்பர் நோவா வெடியில் வெளிப்பட்ட வாயு வேகம் மட்டும் சூரியனால் ஈர்க்கப்பட்டு சூரியனைச் சுற்றி சுழன்று பின்பு வட்டமாக அமைந்தது. இதிலிருந்து கோள்கள் தோன்றின.

ஹாய்லின் கொள்கையிலிருந்து கோள்கள் சூரியனிடமிருந்து தோன்றுததால் சூரியனைவிட அவை அதிக வேகத்தில் சுழலு கின்றன என்றும் சூரியனில் இல்லாத தனிமங்கள் மற்ற கோள் களில் உள்ளன என்றும் அறிய முடிகிறது. தற்போது ஹாய்லின் நோவா கொள்கை பலரால் ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டாலும் இக் கொள்கையில் கோள்கள் சுழல ஆரம்பித்த விதமும், துணைக் கோள்கள் தோன்றிய விதமும் சரியாக விளக்கப்படவில்லை.

நெபுலா மேகக் கொள்கை (Nebular Cloud Theory)

1944 ஆம் ஆண்டு ஜெர்மனியைச் சார்ந்த வைசாக்கர் (Weizsacker) என்ற அறிஞர் நட்சத்திர மண்டலத்தில் சூரியனைச் சுற்றி ஒரு அடர்த்தியான வாயு மேகம் படர்ந்தது என்றும்



படம் 118: வைசாக்கரின் நெபுலா மேகக் கொள்கையை விளக்கும் படம்

அதிலிருந்து கோள்கள் தோன்றின என்றும் தன் கொள்கையை வெளியிட்டார் (படம்: 118). இக்கொள்கையின் சுருக்கமாவது:

1. பிரபஞ்சத்தில் இங்குமங்கும் அடர்த்தியான வாயு மேகங்கள் படர்ந்திருந்தன.

2. இத்தகைய மேக மண்டலத்திற்குள் சூரியன் நுழைந்து செல்லும்போது சூரியனுடைய ஈர்ப்பு சக்தியினுல் அதனைச் சுற்றிலும் அந்த மேகங்கள் படர்ந்தன.

3. சூரியனைச் சுற்றிலும் படர்ந்த அம் மேகமண்டலம் தற்போதுள்ள புளூட்டோ பாதையையும் உள்ளடக்குகிற அளவிற்கு மிகப் பெரியதாக இருந்தது.

4. இந்த வாயு மேகத்திலுள்ள பொருட்கள் ஒன்றோடொன்று மோதி உராய்ந்ததால் சூரியனைச் சுற்றி அவை சுருங்கி இறுகி ஒரு பெரிய வட்ட வடிவ தட்டாக மாறியது. அது சூரியனைச் சுற்றி சுழன்று வந்தது.

5. இத்தட்டு மேலும் சுருங்கியதால் அடர்த்தியும் ஈர்ப்பு விசையும் அதிகரிக்கிறது. வாயுத்தளத்திலேயே ஏற்படும் இந்த ஈர்ப்பு விசையினுல் வாயுத்தட்டு பல துண்டுகளாக உடையத் தொடங்கியது. இவை சூரியனைச் சுற்றி தனித்தனி வாயுச் சுழல்களாக (eddies) சுற்றி வந்தன. சூரியனுக்கு அருகிலுள்ள வாயுச் சுழல்கள் சிறியதாகவும், தூரத்திலுள்ளவை பெரியதாகவும் அமைந்தன.

6. இவ்வாயுச் சுழல்கள்தான் தூசியுடன் (dust) சேர்ந்து கோள்களாக மாறின. இதுவே முதல் கோள்களாகும். (Proto planets). நமது புவிக் கோளும் இதில் ஒன்ருகும்.

வைசாக்கர் கொள்கையில் கோள்களின் சீரான சுழற்சியும், கோள்களுக்கிடையிலுள்ள தூரமும் விளக்கப்பட்டுள்ளது. சூரியனைச் சுற்றியிருந்த பெரிய மேக மண்டலத்தில் வாயுக்களும் நுண்ணிய தூசியும் இருந்தன என்பது அறியப்படுகிறது. நுண்ணிய பொருள்கள் முதலில் பெரிய துகள்களாக வளர்ச்சி பெற்று அவை ஒன்ருேடொன்று சேர்ந்து கோள்களாக மாறின. இவருடைய கருத்துப்படி புவி தன் தோற்றத்தின்போது குளிர்ந்த கோளாகவே இருந்தது. அதன் பொருட்கள் சிதைவதால் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் (Radio active elements) வெளிப்படுத்திய வெப்பமே புவி வெப்பமடைந்ததற்கு காரணமாகும் என்று உணரப்படுகிறது.

முதல் கோள் கொள்கை (Proto Planet Hypothesis)

வைசாக்கின் (Weizsacker) நெபுலா மேகக் கொள்கையைத் தழுவி குவிபர் (Kuiper) என்ற சிகாகோ பல்கலைக்கழக வானியல் அறிஞர் 1951 ஆம் ஆண்டு தனது, முதல் கோள் கொள்கையை (Proto planet Hypothesis) வெளியிட்டார். காண்ட் (Kant) லாப்லஸ் (Laplace) கொள்கையில் கூறப்பட்டது போலவே இவருடைய கொள்கையிலும் வாயுக் கோளத்திலிருந்துதான் சூரிய மண்டலம் தோன்றுகிறது. அதாவது பால் வழியின் (Milky way) ஒரு உறுப்பிலிருந்த வாயுவும் தூசியும் சேர்ந்து சுருள் போன்ற (spinning) ஒரு வாயுக் கோளமாக மாறியது. இதன் வெப்பநிலை முதலில் பூஜ்ஜியமாக இருந்தது. இது குளிர்ந்து சுருங்கியபோது சுழலத் தொடங்கியது. முதலில் அதன் அடர்த்தியும் சுழலும் வேகமும் குறைவாக இருந்தது. ஆனால் அது சுருங்கியபோது அடர்த்தியுடன் சுழலும் வேகமும் அதிகரித்தது.

வாயுக் கோளம் சுழலும்போது ஏற்படுகிற மையம் நோக்கிய (centrifugal) விசையினால் அதன் மத்தியரேகைப் பகுதிகளைக் காட்டிலும் துருவப் பகுதிகள் அதிகமாகச் சுருங்கின. எனவே வாயுக்கோளம் தட்டையாகிவிட்டது. இதன் மையத்தில்தான் முதல் சூரியன் (Proto Sun) அமைந்திருந்தது. முதல் சூரியனைச் சுற்றி அமைந்திருந்த வாயுத்தட்டு சுழன்று வந்தது. இது மேலும் சுருங்கியதால் அடர்த்தியும் ஈர்ப்புவிசையும் அதிகரித்தது. வாயுத் தளத்திலேயே ஏற்படுகிற இந்த ஈர்ப்பு விசையினால் வாயுத் தட்டு பல துண்டுகளாக உடைந்தது. இவை சூரியனைச் சுற்றி தனித்தனி வாயுச் சுழல்களாக (eddies) சுற்றி வந்தன. சூரியனுக்கு அருகிலுள்ள வாயுச் சுழல்கள் சிறியதாகவும் தூரத்தி லுள்ளவை பெரியதாகவும் அமைந்தன. இவ்வாயுச் சுழல்கள் தூசியுடன் சேர்ந்து கோள்களாக மாறின. இவையே முதல் கோள்களாகும் (Proto Planets). நமது புவிக் கோள் இதில் ஒன்றாகும். முதல் கோள்கள் மையத்திலிருந்த சூரியனைக் காட்டி லும் அதிக வெப்பம் கொண்டிருந்தன. பல மில்லியன் ஆண்டு களுக்குப் பிறகு சூரியன் அதனுடைய ஈர்ப்பு விசையினாலேயே சுருங்கியதால் அதிலிருந்த ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் ஒன்று சேர்ந்து வெப்பத்தை உண்டாக்கின. எனவே, குளிர்ந்திருந்த சூரியன் வெப்பமடைந்தது. உள் அணுச் சேர்க்கையினால் அது ஒளியை உமிழத் தொடங்கியது. முதல் கோள்களுக்கிடையே இருந்த வாயுக்கள் சூரியனின் கதிர் வீச்சினால் பாதிக்கப்பட்டு மறைந்தன.

குவிபர் தன் கொள்கையில் குறிப்பிட்டுள்ளபடி தற்போது கோள்களில் காணப்படும் பொருள்களின் அளவு மட்டும் வாயுக்

கோளத்தில் இருந்திருந்தால் அது சுருங்கியிருப்பதற்கு வாய்ப்பில்லை. எனினும் அடர்த்தி அதிகரிக்கும்போது சுருங்குதல் ஏற்படுகிறது. எனவே வாயுக்களும், தூசியும் ஒன்றோடொன்று மோதி சுருங்கி முதல் கோள்களாக உருவெடுத்தன. ஆதலால் வாயுக் கோளத்திலிருந்த ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் ஆகியவற்றிலும் அதே தொகுப்பமைப்பு இருந்திருக்க வேண்டும். அது மட்டுமன்றி கோள்கள் இப்போதிருப்பதைக் காட்டிலும் பெரியவையாக இருந்திருக்க வேண்டும். உதாரணமாக நம் புவி இப்போது இருப்பதைக் காட்டிலும் ஆயிரம் மடங்கு பெரியதாக இருந்திருக்கக் கூடுமென கருதப்படுகிறது. அதனால்தான் குவிபர் அவற்றை முதல் கோள்கள் (Proto Planets) என்று குறிப்பிடுகிறார். முதல் கோள்கள் வளர்ச்சி பெறும்போது அவற்றினிடையே இருந்த வாயுக்களும், தூசியும் ஒவ்வொரு கோளையும் சுற்றி தட்டுக்களாகி பின்பு உடைந்து சுருங்கி துணைக் கோள்களாயின.

எனவே முதல் கோள் கொள்கையில் கோள்கள் துணைக் கோள்கள் ஆகியவற்றின் சீரான இடைவெளி, சுழற்சி போன்றவை விளக்கப்பட்டுள்ளன. இருப்பினும் கோள்களில் காணப்படும் மிக அதிகமான கோணத்திணிவு விளக்கப்படவில்லை. சமீபத்தில் கிடைத்த விவரத்தின்படி வாயுத்தட்டின் மையத்திலிருந்த இளம் அல்லது முதல் சூரியனின் (Proto Sun) காந்த மண்டல விசையினால் அதன் கோணத்திணிவு வாயுத் தட்டின் மற்ற பகுதிகளுக்குப் பரவி அங்கு தோன்றிய கோள்களுக்கும் அதே கோணத்திணிவு இருப்பதாக கருதப்படுகிறது.

சுமார் 500 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு குளிர்ந்த சூரியன் தன்னுடைய ஈர்ப்பு விசையினால் சுருங்கியபோது அதிலிருந்த ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் ஒன்றாக இணைந்தன. இதன் விளைவாக வெப்பம் அதிகரித்தது. உள் அணுச்செய்கையினால் சூரியன் பல்வேறு அலை நீளங்களில் ஒளியை உமிழத் தொடங்கியது. முதல் கோள்களுக்கிடையே (புவி போன்ற) பரவியிருந்த வாயுக்கள் சூரியனின் கதிர் வீச்சினாலும் சூரிய ஒளி அழுத்தத்தினாலும் பாதிக்கப்பட்டு விண்வெளியில் மறைந்தன. கோள்களுக்கு இடையே இருந்த விண்வெளி இவ்வாறு சூரியனால் தூய்மையாக்கப்பட்டவுடன் முதல் புவிக்கோளம் நேர்மின்மம் (Proton) எதிர் மின்மம் (Electron) போன்ற அணுத் துகள்களினால் தாக்கப்பட்டன. சூரியனிடமிருந்த நேர்மின்மங்களும். ஊதாக் கதிர்களும் (ultra violet light) வெளிப்பட்டன. இவ்வொளிக் கதிர்கள் முதல் புவிக்கோளில் சில பொருட்களை ஆவியாக்கின. ஆவியான இவை சுற்றிலுமுள்ள விண்வெளியை அடைந்ததால்

முதல் புவிக்கோள் சுருங்கி நெருக்கமான கோளாகியது. அதன் தொகுப்பமைப்பு தற்போது உள்ளது போலவே இருந்தது. பிறகு புவியீர்ப்பு விசை குறைந்ததாலும், கதிரியக்க வெப்பத்தினுலும் புவியின் மையப்பகுதி உருகியது.

பிறகு 1000 ஆண்டுகள் கழித்து புவியின் மையத்திலிருந்து வெப்பம் வெளியேறியதால் புவி படிப்படியாக குளிர்ந்து பல பொறை அடுக்குகள் தோன்றின. புவியின் மையத்தில் திடப் பொருளான கருவும், அதனைச் சுற்றி திரவ மண்டலமும், அதனை அடுத்து புவிப் போர்வையும் (mantle) அதற்கு மேல் பசால்ட் மேலோடும் தோன்றின.

முதல் புவிக்கோளம் தற்போது உள்ளது போல் இல்லை. தற்போது புவியைச் சுற்றியுள்ள நீரும், வளி மண்டலமும் அப்போது இல்லை என்பதற்கு இரசாயன ஆராய்ச்சி ஆதாரங்கள் உள்ளன. புவி முதன்முதலாக கற்கோளமாக மாறிய போது காற்றும் நீரும் அதில் காணப்படவில்லை. நீர், வளிமண்டலம் ஆகியவற்றில் காணப்படும் கூட்டுப் பொருள்கள் புவியினுள்ளிருந்து வெளிப்பட்டவையாகும். புவி வரலாற்றின் தொடக்கத்தில் வளிமண்டலத்தில் சுத்தமான ஆக்ஸிஜன் இருக்கவில்லை. சுமார் 3,000,000,000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பாக உயிர்கள் தோன்றலாயின. தாவரங்கள் கார்பன்டை ஆக்ஸைடிலிருந்து ஒளிச்சேர்க்கை முறையில் ஆக்ஸிஜனை உற்பத்தி செய்தன. தொடக்கத்தில் இந்த ஆக்ஸிஜன் நீரிலும் காற்றிலும் உள்ள தனிமங்களினுல் விரைவில் சேர்க்கை செய்யப்பட்டது. எனவே ஆக்ஸிஜன் பற்றுக்குறை இருந்தது. பின்பு படிப்படியாக வளி மண்டலத்தில் ஆக்ஸிஜன் பெருகத் தொடங்கியது. இத்துடன் உயிரினங்களும் பெருகத் தொடங்கின. வளிமண்டலத்தில் இத்தகைய மாற்றங்கள் எப்போது ஏற்பட்டன என்பதைச் சரியாக கூற முடியாவிட்டாலும் தொல்லுயிர் யுகம் (Palaeozoic Era)வரை அதாவது 600 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வரை வளி மண்டலத்தில் தூய்மையான ஆக்ஸிஜன் இருக்கவில்லை என்பதைக் கூறமுடியும்.

20. புவியின் வயது
(Age of the Earth)

புவியின் தோற்றத்தை ஆராய்ந்த அதே நேரத்தில் புவியின் வயதையும் நாம் அறிதல் வேண்டும். புவியின் வயது பற்றி விஞ்ஞான ரீதியாக ஆராய்ச்சிகள் நடைபெறுவதற்கு முன்னர் பல புராதன கருத்துக்கள் நிலவி வந்தன. கிருத்துவர்களின் பழைய ஏற்பாட்டில் (Old Testament) இறைவன் உலகத்தை ஆறே நாட்களில் படைத்து விட்டு ஏழாம் நாள் ஓய்வு கொண்டதாக கூறப்பட்டுள்ளது. ஐரிஸ் நாட்டைச் சார்ந்த உஷர் (Ussher) என்பவர் இவ்வுலகம் கி.மு. 4004ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் மாதம் 23ந் தேதி காலை 9 மணிக்கு சிருஷ்டிக்கப்பட்டது என்று அறிவித்தார். இதன்படி புவியின் வயது 6000 ஆண்டுகளுக்கும் குறைவாகும். கி.மு. 5 ஆம் நூற்றுண்டில் வாழ்ந்த பார்ஸி மத ஸ்தாபகரான ஜோராஸ்டர் புவியின் வயது சுமார் 12000 ஆண்டுகள் என கணக்கிட்டார்.

புவியின் வயது 18ஆம் நூற்றுண்டில்தான் முதன் முதலாக விஞ்ஞான முறையில் மதிப்பிடப்பட்டது. பிரஞ்சு நாட்டைச் சார்ந்த பஃபன் (Buffon) என்பார் புவியை, சூரியனின் நெருப்புக் குழம்பிலிருந்து வெளிவந்த ஒரு சொட்டாகக் (drop) கருதினுர். காய்ச்சப்பட்ட இரும்பு கோலி குளிர்ச்சியடையும் நேரத்தைக் கணக்கிட்டு அதன் அடிப்படையில் புவியின் வயது சுமார் 70,000 ஆண்டுகள் என்று மதிப்பிட்டார்.

கெல்வின் (Kelvin) என்ற அறிஞர் புவி, தொடக்கத்தில் திரவ நிலையில் இருந்ததாகக் கருதினுர். அது குளிர்ச்சியடைந்து தற்போதைய திட நிலையை அடைய எடுத்துக் கொண்ட காலத்தை பாறைகளின் உருகுநிலை, பௌதிகக் கூறுகள் ஆகியவற்றின் மூலம் கணக்கிட்டார். அவற்றின் அடிப்படையில் புவியின் வயது 40 மில்லியன் ஆண்டுகள் என்று அவர் குறிப்பிட்டார்.

புவி அறிஞர்கள் 19ஆம் நூற்றுண்டில்தான் புவியின் வயதை சரியாகக் கணக்கிடும் முறைகளைக் கண்டு பிடித்தார்கள்

(அட்டவணை : 3). பல்வேறு பகுதிகளில் பல்வேறு முறைகள் கையாளப்பட்டன.

புவியில் காணப்படும் படிவுப்பாறைகளின் கனத்தை (தடிப்பு) கணக்கிட்டு புவியின் வயது மதிப்பிடப்பட்டது. கெய்கி (Geikie) என்ற அறிஞர் கண்ட திட்டுக்களிலும், ஆழ்கடலிலும் படியும் படிவுகளின் உயரத்தைக் கணக்கிட்டு புவியின் வயதை மதிப்பிட்டார். உலகின் பல ஆறுகள், பனியாறுகள், காற்று ஆகியவை கடலுக்கு அடித்துச் செல்லப்பட்ட வண்டலின் அளவு கணக்கிடப் பட்டது. இவை பெரும்பாலும் கண்டத்திட்டில் படிந்து விடுவதால் கண்டத்திட்டின் பரப்பும் கணக்கிடப்பட்டது. கண்டத்திட்டை வந்தடையும் படிவின் அளவை கண்டத்திட்டின் பரப்பினால் வகுத்தால் படிவுகளின் உயரம் தெரியும். இதிலிருந்து ஒரு ஆண்டுக்கு சராசரி எவ்வளவு உயரம் படிவு ஏற்படுகிறது என்பதையும் கணக்கிடலாம். இதுவே படிதலின் வேகம் (Speed of sedimentation) எனப்படுகிறது. எனவே புவியில் ஆதி உயிரினங்கள் தோன்றிய காலந்தொட்டு இதுவரை தொடர்ச்சியாகப் படிந்த படிவுப் பாறைகளின் மொத்த உயரத்தைக் கணக்கிட்டு அதைப் படிதலின் வேகத்தால் வகுப்பதின் மூலம் புவியின் வயதை அறியலாம். புவியின் வரலாற்றில் தோன்றிய படிவுப் பாறைகளின் மொத்த உயரம் (கனம்) சுமார் 1,11,000 மீட்டர்களாகும். இதை ஒவ்வொரு ஆண்டும் கடலில் படியும் வண்டலின் சராசரி உயரத்தைக் கொண்டு வகுத்தால் புவியின் வயது 28 மில்லியன் ஆண்டுகளிலிருந்து 700 ஆண்டுகள் வரை வேறுபடுகிறது.

ஜாலி (Joly) என்ற விஞ்ஞானி கடலில் உள்ள உப்பின் அளவைக் கொண்டு புவியின் வயதைக் கணக்கிட்டார். புவி உண்டான காலத்தில் கடலில் சுத்தமான நீர் இருந்தது. பின்னர் ஒவ்வொரு ஆண்டும் பாறைகளிலிருந்த உப்பு ஆற்று நீரில் கரைந்து கடலில் சேர்க்கப்பட்டது. எனவே கடலில் உப்பின் அளவு ஆண்டு தோறும் அதிகரித்தது. கடலில் உள்ள உப்பின் அளவை அதிலுள்ள சோடியத்தின் அளவைக் கொண்டு ஜாலி மதிப்பிட்டார். கடலிலுள்ள சோடியத்தின் மொத்த அளவு சுமார் 12600 மில்லியன் டன்கள் என்றும் ஒவ்வொரு ஆண்டும் சுமார் 156 மில்லியன் டன் உப்பு நிலத்திலிருந்து கடலில் சேர்க்கப் படுகிறது என்றும் ஜாலி கணக்கிட்டார். கடல் நீரில் உப்பின் அளவு ஆண்டுதோறும் அதிகரித்து வருவது உண்மை. இவ் வதிகரிப்பின் வேகம் (rate of increase) புவி உண்டான காலம் முதல் மாறவில்லை என்பது ஜாலியின் கருத்தாகும். கடல் நீரிலுள்ள மொத்த உப்பின் அளவை கடலில் உப்பு அதிகரிக்கும்

வேகத்தால் வகுத்தால் எத்தனை ஆண்டுகளுக்கு முன்பு கடல் நீர் சுத்தமாக இருந்தது என்பது புலனாகும். ஜாலியின் கருத்துப்படி புவியின் வயது 90 முதல் 100 மில்லியன் ஆண்டுகள் வரை இருக்கலாம் என நம்பப்படுகிறது. அண்மையில் நடைபெற்ற ஆராய்ச்சிகளின் பயனாக கடலின் உப்பளவு சரியாகக் கணிக்கப் பட்டு கடலின் வயது 1500 மில்லியன் ஆண்டுகள் எனக் கூறப் பட்டது. கடல் தோன்றுவதற்கு முன்பே புவி தோன்றியிருக்கு மாதலால் அதனுடைய வயது 1500 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கும் அதிகமானதாகும். பாறைப் படிவு அல்லது உப்பு இவற்றின் அளவைக் கொண்டு புவியின் வயதைச் சரியாகக் கணித்தல் இயலாது. ஏனெனில் படிதலின் வேகமும், உப்பு கடலில் சேரும் அளவும் கால நிலையினால் பாதிக்கப்படுவதால் பழங்காலத்தில் அவை ஒரே அளவில் இருந்திருக்காது.

20 ஆம் நூற்றாண்டில்தான் கதிரியக்க முறையும் (Radio activity process) கதிரியக்கத் தனிமங்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. பாறைகளின் வயதை சரியாகக் கணக்கிடுவதற்கு கதிரியக்க முறை வெகுவாகப் பயன்படுகிறது. பிரிட்டனைச் சார்ந்த ஆர்தர் ஹோம்ஸ் (Arthur Holmes) என்ற புவி அறிஞர் யுரேனிய கதிர் வீச்சினால் ஏற்படும் மாறுதல்களிலிருந்து புவியின் வயதை 3000 மில்லியன் ஆண்டுகள் என கணித்துள்ளார். கதிரியக்கம் என்பது ஆக்டினியம் (Actinium) யுரேனியம் (Uranium) தோரியம் (Thorium) போன்ற தனிமங்கள் தாமாகவே சிதைந்து வேறு பொருள்களாக மாறுவதாகும். இத்தனிமங்கள் சாதாரணமாக உறுதி நிலையில் இருப்பதில்லை. ஆனால் கதிரியக்கத்திற்கு பின் அவை பல பொருள்களாக மாறி இறுதியில் ஈயமாகவும், ஹீலிய மாகவும் மாறியபின் அவை உறுதி நிலையை அடைகின்றன. ஒரு யுரேனிய அணுகதிரியக்கத்தின் போது ஒரு ரேடியம் அணு வாகவும் தொடர்ந்து மூன்று ஹீலிய அணுக்களாக மாறுகிறது. தொடர்ந்து அந்த ரேடியம் அணு ஒரு ஈய அணுவாகவும் ஐந்து ஹீலிய அணுக்களாகவும் மாறுகிறது.

யுரேனியம் (1)

ரேடியம் (1) ஹீலியம் (3)

ஈயம் (1) ஹீலியம் (5)

எனவே ஒரு யுரேனிய அணு ஒரு ஈய அணுவாகவும் எட்டு ஹீலிய அணுக்களாகவும் பிரிந்துவிடுகிறது. இதேபோல் ஒரு

தோரிய அணு கதிரியக்கத்திற்கு பின்பு ஒரு ஈய அணுவாகவும் ஆறு ஹீலிய அணுக்களாகவும் மாறிவிடுகிறது. இந்த ஹீலியம் இறுதியில் வாயுவாக வெளியேறுவதால் ஈயம் மட்டும் தங்கி விடுகிறது. இந்த வீதத்தில் 1 கிராம் யுரேனியத்திலிருந்து 1 கிராம் ஈயம் உண்டாவதற்கு 7400 மில்லியன் ஆண்டுகளும், 1 கிராம் தோரியத்திலிருந்து 1 கிராம் ஈயம் தோன்றுவதற்கு 19500 மில்லியன் ஆண்டுகளும் ஆகுமென்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. கதிரியக்கத் தனிமங்களிலிருந்து உண்டாகும் ஈயம் வேறு வகையில் உண்டான ஈயத்திலிருந்து அணு எடையில் வேறுபடுகிறது. எனவே கதிரியக்கத்தால் தோன்றிய ஈயத்தை நாம் தனியாக கணக்கிட முடியும். பாறைத் துண்டுகளை இரசாயன முறையில் பிரித்துப் பார்த்தால் அவற்றிலுள்ள கதிரியக்க தனிமங்களின் அளவும், கதிரியக்கத்தினுல் உண்டான ஈயம், ஹீலியம் ஆகியவற்றின் அளவும் தெரியவரும். எனவே, மேற்கூறிய வீதத்திலிருந்து பாறையின் வயதை அதிலுள்ள ஈயம், ஹீலியம் ஆகியவற்றிலிருந்து கணக்கிடலாம். பாறைத் துண்டில் 1 கிராம் யுரேனியமும், x கிராம் ஈயமும் இருந்தால் அப்பாறைத்துண்டின் வயது 7400 x மில்லியன் ஆண்டுகளாகும். பாறைத்துண்டில் தோரியமும் இருந்தால் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டின்படி பாறையின் வயதைக் கணக்கிடலாம்.

$$\text{பாறையின் வயது} = \frac{\text{ஈயத்தின் எடை} \times 7400 \text{ மில்லி. ஆண்டுகள்}}{\text{யுரேனியத்தின் எடை} + 0{\cdot}38 \text{ தோரியத்தின் எடை}}$$

மேலே கூறப்பட்ட வழிகளைக் கடைபிடித்து கணக்கிட்டதில் புவி ஓட்டின் மிகப் பழமையான பாறைகளின் வயது 2000 முதல் 3000 மில்லியன் ஆண்டுகள் இருக்கலாமென கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 3

புவி அமைப்பியல் கால அளவை
(Geological periods)

யுகம் (Era)	காலம் (Period)	வயது மில்லியன் ஆண்டு களில்	உயிரினங்களின் விவரம்
நான்காவது யுகம் (Quarternary Era)	சமீப காலம் (Recent) பிளைஸ்டோசீன் (Pleistocene)	0·01 1·00	மனிதனின் தோற்றம். பல பாலூட்டிகள் உறைபனிக் காலங்களில் உயிர் நீத்தன.
மூன்றாவது யுகம் (Tertiary Era) or (Kainozoic)	பிளையோசீன் (Pliocene) மயோசீன் (Miocene) ஆலிகோசீன் (Oligocene) இயோசீன் (Eocene)	12 25 40 60	பாலூட்டிகள், மொலஸ்கா, பூக்கும் செடிகளும், மரங்களும் தோன்றல்.
இரண்டாவது யுகம் (Secondary Era) அல்லது நடு உயிர் யுகம் (Mesogoic)	கிரடேசியஸ் (Cretaceous) ஜுராசிக் (Jurassic) டிரயாசிக் (Triassic)	130 155 185	ஊர்வன தோன்றல், பயங்கர ரெப்டைல்கள் தோன்றல் ஊசியிலை மரங்களும், சிறிய செடிகளும் தோன்றுதல். பறவைகளின் முதல்தோற்றம்
முதல் யுகம் (Primary Era) அல்லது தொல்லுயிர் யுகம் (Palaeozoic Era)	பெர்மியன் (Permian) கார்பானிஃபெரஸ் (Corboniferprous) டெவோனியன் (Devonian) சைலூரியன் (Silurian) ஆர்டோவிசியன் (Ordovician) கேம்பிரியன் (Cambrian)	220 280 325 360 420 520	நீரிலும், நிலத்திலும் வாழும் பிராணிகள் தோன்றுதல்; பூக்காத செடிகளும் பாசிகளும் வளர்ச்சி அடைதல்; சுவாச மீன் (lung fish) தோன்றல்; முருகைகள் (corals), தடித்த மேலோடுகள் கொண்ட பிராணிகள் நீரில் தோன்றுதல் முதுகெலும்பில்லாத உயிரினங்கள் தோன்றுதல்;
ஆதி உயிர் யுகம் (Proterozoic Era)	கேம்பிரியனுக்கு முன் (Pre Cambrian)	2500	பாறைகளில் உயிரினங்கள் கிடையாது. உயிரினங்கள் புவியில் தோன்றவில்லை.

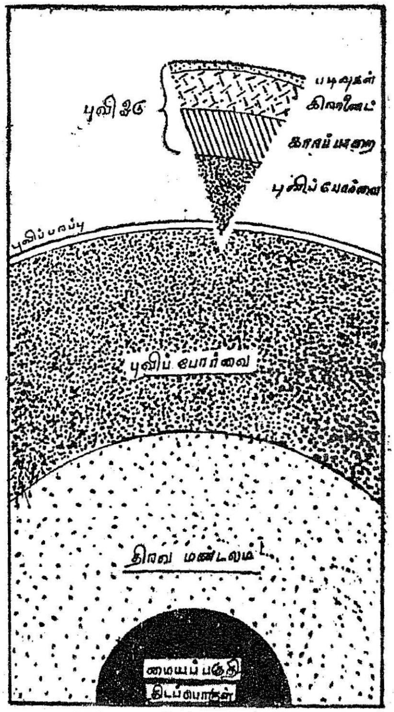
21. புவியின் உள்ளமைப்பு
(The Earth's Interior)

புவியின் உள்ளமைப்பை ஆராய்வது பூபௌதிகத்தின் (Geophysics) நோக்கமாக இருப்பினும், புவியின் மேற்பரப்பு விவரங்களை நன்கு புரிந்து கொள்வதற்கு அதன் உள்ளமைப்பு பற்றிய அறிவு நமக்கு தேவைப்படுகிறது (படம் : 119).

புவியின் பரப்பில் கண்டங்களின் பெரும்பாலான பகுதியில் படிவுகள் காணப்படுகின்றன. இப்படிவுகள் சராசரியாக 800 மீ. கனத்திற்கு காணப்பட்டாலும் சிற்சில இடங்களில் பல கி.மீ. கனத்திற்கு மேல் உள்ளன. இப்படிவுகளுக்குக் கீழே படிகப் பாறைகள் (Crystalline rocks) காணப்படுகின்றன. இவற்றின் அடர்த்தி 2.65 முதல் 2.70 வரையிலுள்ளது. இவற்றிற்கு கீழே கற்குழம்பு உறைந்து உண்டான பசால்ட் (Basalt) பாறைகள் காணப்படுகின்றன. பசால்டின் அடர்த்தி 3·5லிருந்து 4 வரை வேறுபடுகிறது. ஆனால் புவியின் மொத்த எடையையும், அதன் கன அளவையும் கணக்கிட்டுப் பார்த்ததில் புவியின் சராசரி அடர்த்தி 5.5 ஆக இருப்பது தெரிய வந்தது. புவிக்கு இவ்வளவு அடர்த்தி இருக்கவேண்டுமென்றால் புவியின் உட்பாகத்தில் மிக அதிகமான அடர்த்தி கொண்ட பொருள் இருக்க வேண்டும். அதாவது புவியின் உட்பாகத்திலுள்ள பொருளின் அடர்த்தி சுமார் 7 முதல் 8 வரை இருந்தால்தான் புவியின் சராசரி அடர்த்தி 5·5 ஆக இருக்கமுடியும். புவியின் உட்பகுதியில் அழுத்தம் அதிகமாக இருப்பதால்தான் அடர்த்தி அதிகமாக இருக்கிறது என்று கருத முடியாது. ஏனெனில் எவ்வளவு அழுத்தம் ஏற்பட்டாலும் பாறைகளின் அடர்த்தி குறிப்பிட்ட அளவுக்குமேல் உயருவதில்லை. எனவே புவியின் மையப் பகுதியில் உண்மையிலேயே அடர்த்தி மிக அதிகமுள்ள உலோகப் பொருள்கள் இருக்கவேண்டும். புவியின் உறுதித் தன்மை எஃகின் உறுதித் தன்மைக்கு ஒப்பாக இருப்பதினாலும், புவிக்கு காந்தத் தன்மை இருப்பதினாலும் அதன் உட்பகுதியில் இரும்பும் நிக்கலும் இருக்கக் கூடுமென உணரப்படுகிறது. இந்த

உலோக பகுதியைச் சுற்றி லேசான பசால்ட், படிகப் பாறைகள் ஆகியவை காணப்படுவதால் இவை இவ் உலோகம் திரவமாக இருந்தபோது அதிலிருந்து பிரிந்து வந்து மேற்புறத்தில் மெல்லிய அடுக்குகளாக உறைந்திருக்கக் கூடும்.

20ஆம் நூற்றுண்டின் தொடக்கத்தில் சூயெஸ் (Suess) என்ற புவி அறிஞர் புவியின் மேற்பரப்பில் காணப்படும் கண்டங்கள் யாவும் கிரானைட் போன்ற படிகப் பாறைகளால் ஆனவை என்றும், இவற்றில் சிலிகாவும், அலுமினியமும் அதிக அளவில் கலந்துள்ளன என்றும் கூறினர். அடர்த்தி குறைந்த இந்த அடுக்கை அவர் சியால் (Sial Silica and Aluminium) என்று அழைத்தார். சியால் அடுக்கிற்கு கீழே அடர்த்தி அதிகம் கொண்ட பசால்ட் பாறைகள் உள்ளன. இப்பாறைகளில் சிலிகாவும், மகனீசியமும், இரும்பும் கலந்திருப்பதால் இந்த அடுக்கை அவர் சிமா (Sima, Silica and Magnesium) என்றழைத்தார். கடலடிதளங்கள் யாவும் சிமா அடுக்கைச் சார்ந்ததாகும். சிமா அடுக்கு சியால் அடுக்கை விட அதிக கனமும் அதிக அடர்த்தியும் கொண்டதாகும். எனவே சிமா அடுக்கின் மீது சியால் அடுக்கு மிதந்து கொண்டிருப்பதாக சூயெஸ் கருதினர். அதாவது கடலடி தளத்தின் மீது கண்டங்கள் மிதக்கின்றன என்பதாகும்.



படம் 119: புவியின் உள் அமைப்பு

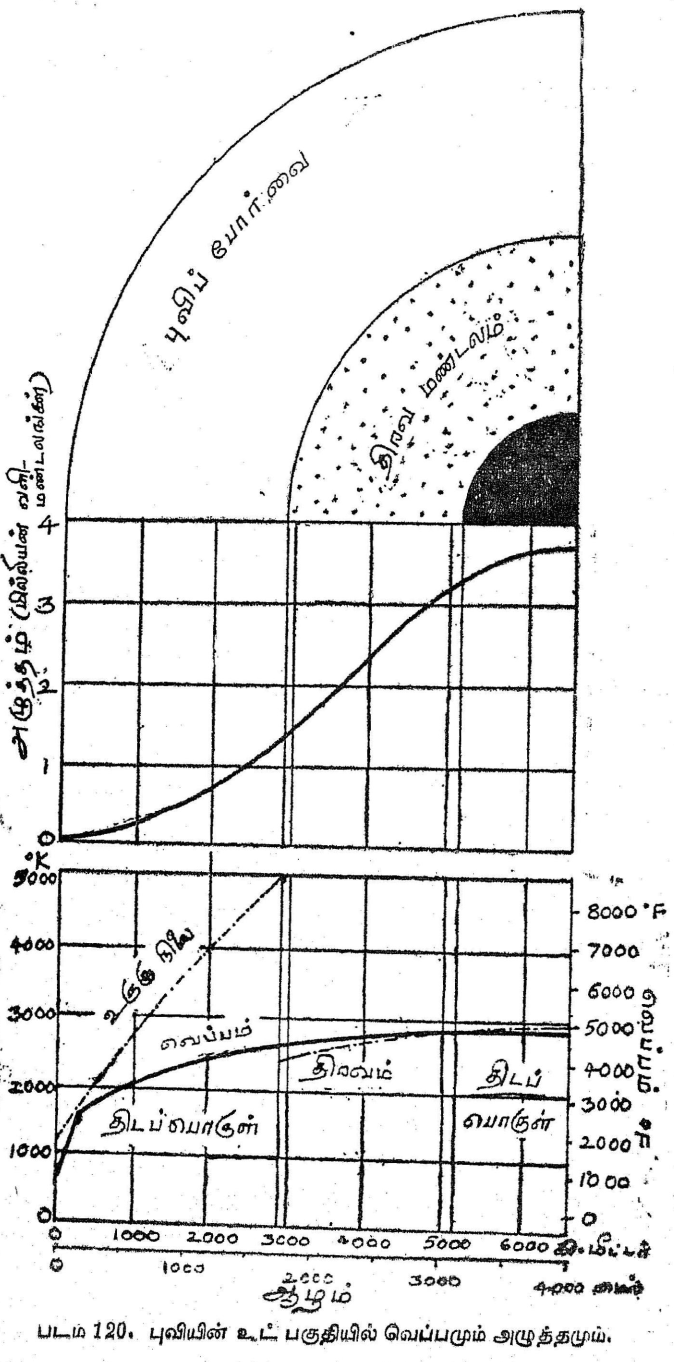
புவி ஓடு (crust) என்பது சியால் அடுக்கும் சிமா அடுக்கும் சேர்ந்த பகுதியாகும். இது சுமார் 16 முதல் 48 கி.மீ. வரை தடிப்பு கொண்டது. புவியோட்டிற்கு கீழே இன்னும் அடர்த்தி மிகுந்த போர்வை (mantle) உள்ளது. இதில் ஆலிவின் (olivine) பாறை உள்ளது. புவியோட்டிற்கும், போர்வைக்கும் இடையே அடர்த்தி வீதத்தில் ஒரு இடைவெளி (discontinuity) காணப்

படுகிறது. இது மொஹொரோவிசிக் (Mohorovicic) என்பரால் கண்டு பிடிக்கப்பட்டதால் இதனை மொஹொ (Moho) இடைவெளி என்கிறோம். புவிப் போர்வையை அடுத்து புவிக் கரு (core) உள்ளது. இது சுமார் 6612 கி.மீ. விட்டங் கொண்டது. இதில் நிக்கலும் இரும்பும் கலந்திருப்பதால் இதனை நிஃபே (nife) என்று அழைக்கிறார்கள். இதனுடைய அடர்த்தி சுமார் 12 ஆகும். புவியின் போர்வைக்கும், கருவிற்கும் இடையில் மற்றொரு இடைவெளி காணப்படுகிறது. இது கட்டன்பர்க் (Guttenburg) இடைவெளி எனப்படுகிறது.

புவியின் பௌதிகத் தன்மை

புவியின் உள்ளமைப்பை மேலும் நன்கு அறிவதற்கு புவியின் பௌதிகத் தன்மையை அறிந்து கொள்ளுதல் நலம். புவியின் உட் பகுதியை நோக்கிச் செல்லச் செல்ல 32 மீட்டருக்கு 1°C வீதம் வெப்பம் அதிகரிக்கிறது (படம் : 120). எரிமலைகளிலிருந்து வெளிவரும் லாவாக் குழம்பு இதனை மேலும் உறுதிப் படுத்துகிறது. புவியின் உட் பகுதியில் வெப்பம் மிக அதிகமாக இருக்குமென்பதால் அங்கிருக்கும் பொருள்கள் திரவ நிலையில் இருக்குமென கருதப்பட்டது. ஆனால் புவியின் உட் பகுதியிலிருக்கும் அபரிதமான அழுத்தம் காரணமாக அங்குள்ள பாறைகளின் உருகு நிலை (melting point) உயர்ந்திருக்கும். எனவே அங்கு வெப்பம் எவ்வளவுதான் இருந்தாலும், பாறைகள் திட நிலையிலேயே இருக்குமென்பது புலனாகிறது. ஆனால் 19 ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் நடைபெற்ற ஆராய்ச்சியின் பலனாக புவிப் போர்வைக்கும், புவியின் மையப் பகுதிக்கும் இடையில் வெப்பம் மிக அதிகமாகவும், அதற்கு சமமான அழுத்தம் இல்லாததாலும் அங்குள்ள பொருள்கள் திரவ நிலையில் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஏனெனில் புவியினுள் ஏற்படும் கதிரியக்கத்தினால் வெப்பம் மேலும் அதிகரிக்கிறது.

புவியினுள் வெப்பத்தைப் போலவே அழுத்தமும் அதிகரித்து செல்லுகிறது. பொருளின் எடைக்கு ஏற்ப அழுத்தம் மாறுபடுகிறது. எடை என்பது பொருளின் திணிவையும், ஈர்ப்பு விசையையும் பொருத்துள்ளது. எனவே புவியின் உட்பகுதியில் ஏதாவது ஒரு இடத்தின் அழுத்தம் அந்த இடத்திற்கு மேலுள்ள பாறையின் எடைக்கு சமமாக இருக்கும். இந்த அழுத்தம் புவியின் மையத்தை நோக்கிச் செல்லச்செல்ல அதிகரிக்கும். புவியின் மேற்பரப்பிலிருந்து மையம் வரை 1/3 பங்கு ஆழத்தில், அழுத்தம் 1 மில்லியன் வளிமண்டல அழுத்தத்திற்கு (1 million atmosphere) அல்லது 1 மில்லியன் பார் (1 million bar) அழுத்தத்திற்கு சமமாக



படம் 120. புவியின் உட் பகுதியில் வெப்பமும் அழுத்தமும்.

இருக்கும். புவியின் மையத்தில் எல்லாத் திசைகளிலுமுள்ள பாறைகள் குவிவதால் இங்கு அழுத்தம் 3.5 மில்லியன் பார்களாக இருக்கும்.

புவியில் விழும் (விண் கற்களை ஆராய்ந்து) அதிலிருந்து புவியின் பௌதிகத் தன்மைகளைப் பற்றிய பல விவரங்களைத் தெரிந்து கொள்கிறோம்.

நில அதிர்ச்சிக் குறி (Seismograph)

புவியின் தொகுப்பமைப்பையும், புவியின் உட் பகுதியிலுள்ள பௌதிகப் பண்புகளையும் அறிவது புவி அறிஞர்களுக்கு அவ்வளவு எளிதாக இருக்கவில்லை. பெரிய கிணறுகளிலிருந்தும், ஆழமான சுரங்கங்களிலிருந்தும், பெட்ரோல் கிணறுகளிலிருந்தும் கிடைக்கிற விவரங்கள்தான் அவர்களுக்கு புவியைப்பற்றி நேரிடையாகத் தெரிந்து கொள்ள உதவின. ஆனால் இவை யாவும் மிகக் குறைந்த ஆழத்திற்கு உட்பட்ட பகுதியின் விவரத்தை மட்டுமே நமக்கு தெரிவித்தன. உதாரணமாக பிரேஸிலுள்ள உலகிலேயே மிக ஆழமான மேரோவெலோ சுரங்கம் சுமார் 2100 மீ. ஆழம் வரை தான் செல்லுகிறதாகையால் அதன் மூலம் கிடைக்கிற விவரத்தின் மூலம் சுமார் 1·6 கி.மீ. ஆழம் வரையிலுள்ள புவியின் தொகுப்பமைப்பை மட்டுமே நம்மால் அறிய முடிகிறது. பெரிய பெட்ரோல் குழாய்க் கிணறுகள் கூட சுமார் 6000 மீ. ஆழத்திற்கு மேல் செல்லுவதில்லை. இது தவிர எந்தக் கருவியையும் நாம் குறிப்பிட்ட ஆழத்திற்குமேல் செலுத்த முடியாது. எனவே இவை யாவும் புவியில் சுமார் 4.8 கி. மீ. ஆழத்திற்கு உட்பட்ட பகுதியின் விவரத்தை மட்டுமே நமக்கு நேரிடையாகத் தெரிவிக்கின்றன. சுமார் 6400 கி. மீ. விட்டங்கொண்ட புவியின் உள்ளமைப்பை அறிவதற்கு இது போதாது. எனவே புவியின் உள்ளமைப்பை நாம் மறைமுகமாகத்தான் அறிய முடியும்.

புவியின் உள்ளமைப்பை நாம் அறிந்து கொள்வதற்கு பேருதவியாக இருப்பது நில அதிர்ச்சி ஆராய்ச்சியாகும். நில அதிர்ச்சிக் குறியில் (Seismograph) பதிவான விவரங்கள் நமக்குப் பல விவரங்களைத் தெளிவு படுத்தியுள்ளன. புவியின் உட் பகுதியில் இன்னன்ன பொருள்களும், இன்னன்ன பண்புகளும் காணப்படுகின்றன என்பதை நிரூபிப்பதற்கு நமக்கு ஆதாரமாக இருப்பது நில அதிர்ச்சிக் குறி பதிவுகளாகும்.

நில அதிர்ச்சி அலைகள்

நில அதிர்ச்சி பொதுவாக புவியோட்டில் எரிமலை கக்கும் போதும், அடிநிலக் குகைகள் சரியும் போதும், புவிப்பிளவின்

போதும், பாறைகள் சரியும்போதும் ஏற்படுகிறது. மேற்கூறிய செய்கைளால் பாறைகள் சரியும் போது ஏற்படுகிற உராய்வினுல் அங்கு நில அதிர்ச்சி அலைகள் உண்டாகின்றன. இவ்வலைகள் தோன்றுகிற இடம் நில அதிர்ச்சி மையம் (Focus) எனப்படுகிறது. இந்த மையத்திலிருந்து நில அதிர்ச்சி அலைகள் புவியின் எல்லா திசைகளுக்கும் ஊடுருவிச் செல்கின்றன. இந்த மையத்திற்கு செங்குத்தாக புவிப்பரப்பிலுள்ள இடம் மேல் மையம் (Epicentre) எனப்படுகிறது. நில அதிர்ச்சி அலைகள் இங்கு வலிமை மிக்கதாக இருக்கும்.

நில அதிர்ச்சி அலைகளை மூன்று முக்கிய வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்; அவை பின்வருமாறு :

(1) முதன்மை அலைகள் (Primary waves) அல்லது P அலைகள்

(2) இரண்டாம் அலைகள் (Secondary waves) அல்லது S அலைகள்

(3) மேற்பரப்பு அலைகள் (Surface waves) அல்லது L அலைகள்

முதன்மை அலைகள் அல்லது P அலைகளை நெடு அலைகள் என்றும் சொல்லலாம். இவ்வலையின் பாதையிலிருக்கும் ஒவ்வொரு துகளும் (Particle) அலைபாயும் திசையில் முன்னும் பின்னும் விரிந்து சுருங்கி செல்கிறது. P அலைகள் மற்ற எல்லா அலைகளை விட வேகமானவை. இவற்றின் வேகம் ஒரு செகண்டுக்கு 8 கி.மீ. ஆகும்.

S அலைகள் ஒளி அல்லது நீரின் அலைகளுக்குச் சமமானவை. இவற்றின் பாதையிலிருக்கும் ஒவ்வொரு துகள்களும் அலை பாயும் திசைக்கு செங்குத்தாக (rt. angles) உயர்ந்து தாழ்ந்து செல்லுகிறது. S அலைகள் உறுதியான பொருள்களினூடே தான் செல்லும். எனவே திரவங்களின் வழியே இவை ஊடுருவிச் செல்லா. இவ்வலைகளின் வேகம் ஒரு செகண்டுக்கு 4.5 கி.மீ. ஆகும்.

L அலைகள் புவியோட்டின் மேற்பரப்பில் பயணம் செய்பவை. எனவே, இவை அதிக தூரம் செல்கின்றன. இவை வேகம் குறைந்தவை.

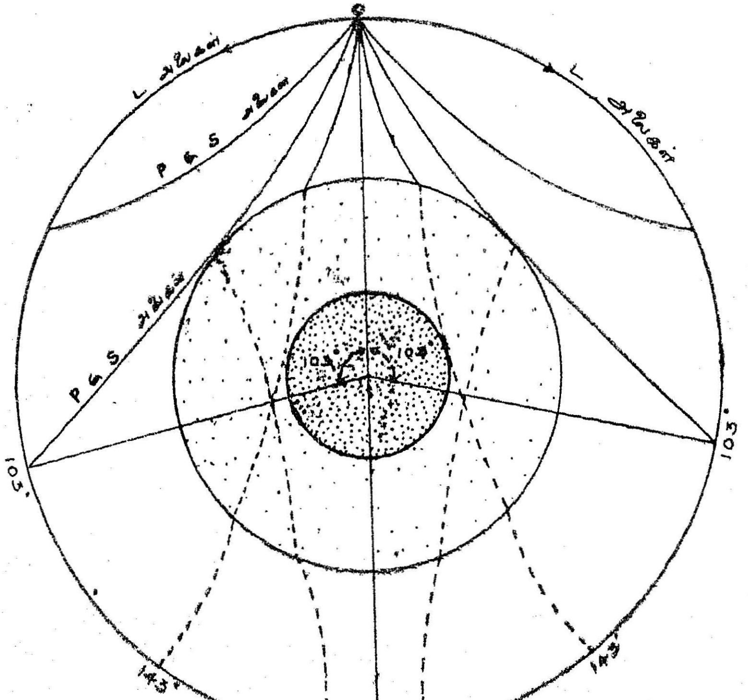
L அலைகளுக்கு மாறாக P, S அலைகள் ஆழத்தில் பயணம் செய்தாலும் அவை ஒரு முனையிலிருந்து மற்றொரு முனைக்கு L அலைகளைக் காட்டிலும் விரைவில் வந்து சேருகின்றன. S அலைகளின் வேகம் P அலைகளின் வேகத்தைவிடக் குறைவாயிருப்பதால் அவை P அலைகளுக்குப் பிறகு பதிவாகின்றன.

நில அதிர்ச்சி அலைகள் அடர்த்திமிக்க பொருள்களின் வழியே செல்லும்போது அவற்றின் வேகம் அதிகரிக்கிறது. ஒரே சீரான அடர்த்தியுள்ள திடப்பொருளில் P அலைகளும் S அலைகளும் நேரான பாதையில் செல்லும். ஆனால், அடர்த்தி வேறுபடும் இடத்தில் முறிவு (refraction) ஏற்பட்டு அவை தம் பாதையிலிருந்து விலகிச் செல்கின்றன. ஆழம் செல்லச் செல்ல அடர்த்தி அதிகரிப்பதால், P, S அலைகள் உட்குழிந்த வளைவான பாதையில் செல்கின்றன.

நில அதிர்ச்சிக்குறி கருவிகளைக் கொண்டு புவியின் உட்பகுதியை ஆராய்ந்தவர்களில் கெய்த் புல்லன் (Keith Bullen) கட்டன்பர்க் (Gutenburg) ஆகியோர் முக்கியமானவர்களாவர். நில அதிர்ச்சிக் குறி கருவியைக் கொண்டு புவியின் உட்பகுதியை எவ்வாறு அறியமுடியும் என்பதை இங்கு பார்ப்போம் (படம் 121) புவியோட்டில் வட துருவத்தின் கீழ் ஒரு பெரிய நில அதிர்ச்சி ஏற்படுவதாக வைத்துக்கொள்வோம். இப்போது இந்த நில அதிர்ச்சி மையத்திலிருந்து P அலைகளும் S அலைகளும் புவியின் எல்லா திசைகளுக்கும் பரவிச் செல்கின்றன. இவற்றைப் பதிவு செய்வதற்காக புவிப் பரப்பு முழுவதும் பல இடங்களில் நில அதிர்ச்சிக்குறி கருவிகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இக் கருவிகளில் பதிவாகும் விவரங்களை இப்போது ஆராய்வோம்.

புவி முழுமையும் திடநிலையில் இருந்தால் நில அதிர்ச்சி மையத்திலிருந்து 'P' அலைகளும் 'S' அலைகளும் புவியின் உட்பாகத்தைக் கடந்து எல்லா திசைகளுக்கும் பரவிச்செல்லும். புவிப் பரப்பிலுள்ள எல்லா நில அதிர்ச்சிக்குறி கருவிகளும் இவற்றைப் பதிவு செய்யும். ஆனால் நமக்கு கிடைத்த பதிவுகளை ஆராய்ந்தால் அலைகளின் பரவல் அவ்வாறு இல்லை. எனவே, புவியின் தொகுப்பமைப்பு ஒரே மாதிரியாக இல்லை என்பது புலனாகிறது. புவியில் வடதுருவத்திற்கு அருகில் ஒரு நில அதிர்ச்சி ஏற்படுவதாக வைத்துக்கொண்டால் அங்கிருந்து பரவிச் செல்லும் நில அதிர்ச்சி அலைகள் பல்வேறு இடங்களில் பல்வேறு விதமாகப் பதிவாகின்றன (படம் 121). புவியில் 13 டிகிரி தெற்கு அட்சரேகைக்கு வடக்கேயுள்ள பகுதிகளில் முதலில் 'P' அடிகளும் பின்பு 'S' அலைகளும் பதிவாகின்றன. 13 டிகிரி தெற்கு அட்சத்திற்கும் 53 டிகிரி தெற்கு அட்சத்திற்கும் இடைப்பட்ட பகுதியில் 'P' அலைகள் மிகவும் தொய்ந்து (feeble) பதிவாகின்றன. 'L' அலைகள் இங்கு காணப்படுகின்றன. ஆனால் 'S' அலைகள் மட்டும் இங்கு பதிவாகவில்லை. இது நில அதிர்ச்சி மறைவு மண்டலம் (shadow zone) எனப்படும். ஏதோ

ஒரு காரணத்தினுல் புவியின் உட்பகுதியை 'S' அலைகள் கடக்க முடியாமல் போவதால்தான் இங்கு அவை பதிவாகவில்லை என்பது இதிலிருந்து தெளிவாகிறது. நில அதிர்ச்சி மறைவு மண்டலத்திற்கு தெற்கே 'P' அலைகள் பதிவாகின்றன.



படம் 121. புவியின் தொகுப்பமைப்பை அறிய நில அதிர்ச்சி அலைகள் உதவுகின்றன.

நில அதிர்ச்சி மறைவு மண்டலத்தின் நீளத்திலிருந்து கணக்கிட்டதில் புவியின் மையப்பகுதியின் ஆரம் 3471 கி.மீ. எனத் தெரிகிறது. புவி மையமும், போர்வையும் சந்திக்கிற இடத்தில் 'P' அலைகள் வளைந்து செல்வதோடு அவற்றின் வேகமும் பாதியாகக் குறைவதால் புவி மையத்தின் எல்லையை நாம் அறிய முடிகிறது.

நில அதிர்ச்சி மறைவு மண்டலத்தில் S அலைகள் முற்றிலும் மறைந்து போவதிலிருந்து மையப் பகுதியைச் சுற்றிலும் திரவ மண்டலம் இருப்பதை நாம் உணர்கிறோம். ஏனெனில் திரவத்தின்

வழியே S அலைகள் ஊடுருவிச் செல்லா. மறைவு மண்டலத்தில் தொய்ந்த P அலைகள் பதிவாகி இருப்பதனல் புவியின் மையப் பகுதியில் திடப்பொருள் இருப்பதை உணருகிறேம். இதன் ஆரம் 1250 கி.மீ. ஆகும். இத்திடப் பொருள் P அலைகளை முறியச் செய்து வெளிப்புறமாக விலக்கி விடுகிறது. எனவே அவை மறைவு மண்டலத்தில் மிகவும் தொய்வுடன் பதிவாகின்றன.

ஏற்கனவே கிடைத்துள்ள அடர்த்தி விவரத்தின்படியும், விண் கற்களின் சான்றின்படியும், புவி மையத்தைச் சுற்றி இரும்புத் திரவம் இருப்பதை நாம் அறிகிறேம். இங்கு அழுத்தமும் வெப்பமும் மிக அதிகமாக இருக்கிறது.

22. கண்டங்களும் சமுத்திரங்களும்
(Continents and Oceans)

புவியின் மொத்தப் பரப்பளவு 510 மில்லியன் சதுர கிலோ மீட்டர்களாகும். இதில் 149 மில்லியன் சதுர கிலோ மீட்டர் நிலப்பரப்பாகவும், 361 மில்லியன் சதுர கிலோ மீட்டர் நீர்ப் பரப்பாகவும் உள்ளது. அதாவது புவியின் மொத்தப் பரப்பில் 71% நீர்ப்பரப்பாகவும், 29% நிலப்பரப்பாகவும் காணப்படு கின்றது. எனவே புவியின் நிலத்தோற்றங்களில் கண்டங்களும், கடலடித் தளங்களும் முக்கிய நிலத்தோற்றங்களாகக் கருதப் படுகின்றன. புவியில் இவற்றின் பரவலில் சில குறிப்பிடத் தக்க அம்சங்கள் காணப்படுகின்றன. அவை பின்வருமாறு :

(1) புவியின் வட கோளார்த்தத்தில் நிலப்பரப்பு அதிக மாகவும், தென் கோளார்த்தத்தில் நீர்ப்பரப்பு அதிகமாகவும் காணப்படுகிறது.

(2) வட துருவத்தில் நீர்ப்பரப்பு அதிகமாகவும் தென் துருவத்தில் நிலப்பரப்பு அதிகமாகவும் காணப்படுகிறது.

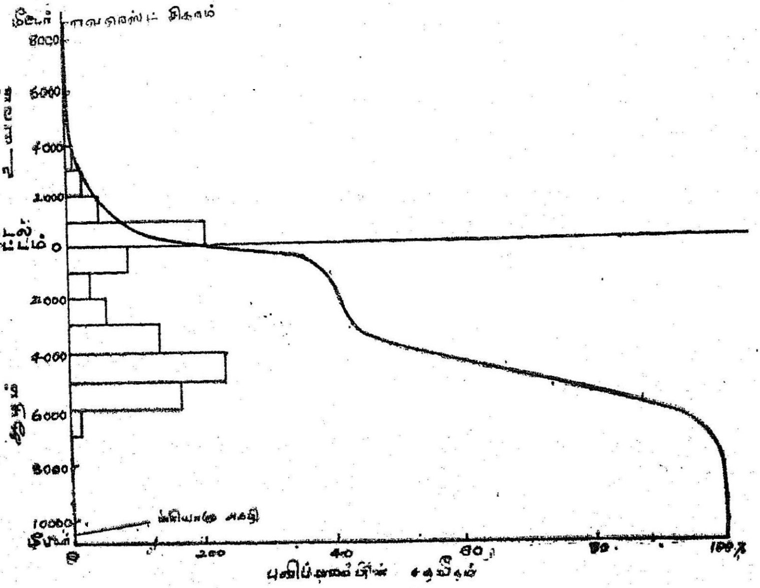
(3) தென் அமெரிக்கா, ஆப்ரிக்கா, ஆஸ்திரேலியா ஆகிய மூன்று கண்டங்கள் மட்டுமே தென் கோளார்த்தம் வரை பரவி யுள்ளன.

(4) புவியில் நிலப்பரப்பிற்கும், நீர்ப்பரப்பிற்கும் ஆன்டி போடல் (antipodal) தொடர்பு காணப்படுகிறது. அதாவது புவிக் கோளத்தில் ஒரு புறத்திலுள்ள நிலப்பகுதிக்கு நேர் எதிரில் மறுபுறத்தில் நீர்ப்பகுதி காணப்படுகிறது.

(5) புவிப் பரப்பில் மிக உயர்ந்த நிலங்களைப்போல் மிகத் தாழ்ந்த நிலங்களும் உள்ளன. கடல் மட்டத்திலிருந்து மிக உயர்ந்த நிலமாகிய எவரஸ்டு சிகரத்தின் உயரம் 8840 மீட்டர் களாகும். கடல் மட்டத்திலிருந்து மிகத் தாழ்ந்த நிலமாகிய மரியனு அகழியின் (Mariana Trench) ஆழம் 11,455 மீட்டர்

களாகும். இவ்விரண்டிற்கும் இடையிலுள்ள உயர வேறுபாடு 20,285 மீட்டர்களாகும்.

எவரஸ்டு சிகரத்திற்கும், மரியனு அகழிக்கும் இடையிலுள்ள இந்த உயர வேறுபாட்டை (20,285 மீட்டர்கள்) புவியின் விட்டத்தோடு (12757/12714 கி.மீ.) ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் அது 0.154 சதவீதமேயாகும். எனவே இந்த வேறுபாட்டை நாம் புறக்கணித்து புவியை ஒரு சமதளமுள்ள கோளமாகவே நாம் கருதுகிறோம். படம் 122 இல் கடல்மட்டத்திற்கு கீழேயும்



படம் 122. புவிப் பரப்பின் உயரத் தாழ்வுகோடு.

மேலேயும் உள்ள புவிப்பரப்பின் சதவீதம் ஒரு வளைகோட்டினுல் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இது புவிப் பரப்பின் உயரத் தாழ்வு கோடு (Hypsographic) எனப்படுகிறது (படம்: 122). புவிப் பரப்பின் 30 சதவீதம் கடல் மட்டத்திற்கு மேல் அமைந்திருப்பதை இக்கோடு காட்டுகிறது.

கண்டங்களுக்கும், சமுத்திரங்களுக்கும் இடையேயுள்ள உயர வேறுபாடு அவற்றின் அடர்த்தி வேறுபாட்டை எடுத்துக்காட்டு கிறது. கண்டங்கள் அடர்த்தி குறைந்த சியாலினுல் ஆக்கப் பட்டிருப்பதால் உயரமாக உள்ளன. கடலடி தளங்கள் அடர்த்தி

மிகுந்த சிமாவினுல் ஆக்கப்பட்டிருப்பதால் அவை அமிழ்ந்து காணப்படுகின்றன.

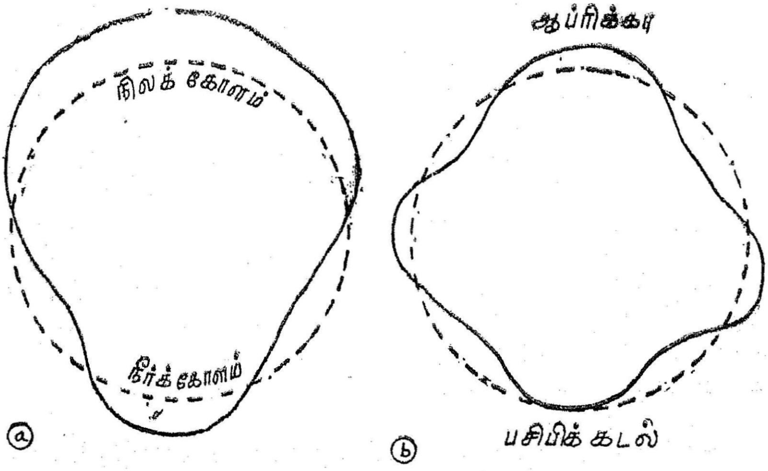
நிலத்தோற்றங்கள் பொதுவாக அரிப்பினுலோ, அல்லது பாறை அசைவினுலோ ஏற்படுகின்றன. பழங்காலத்தில் புவி அறிஞர்கள், கண்டங்களும், கடலடி கொப்பரைகளும் (Ocean Basin) அரிப்பினுல் ஏற்பட்டதாகக் கருதினுர்கள். மேலும் கடலடி கொப்பரைகளே அவர்கள், ஆழம் குறைந்த மணல், களிமண் படிந்த நீண்ட பள்ளங்களாகவே (trough) கருதினுர்கள்; எனவே, கண்டங்களும், கடலடி கொப்பரைகளும் அவற்றின் அமைப்பில் மாறிவருவதாக அவர்கள் நம்பினுர்கள். ஆனுல், பிற்காலத்தில் கிடைத்த விவரப்படி இவை பாறைகளின் அசைவினுல் ஏற்பட்டதென்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. கடலடி தளங்கள் நீருக்கடியில் இருப்பதால் எந்தவித மாறுதலுக்கும் உட்படாமல் நிரந்தரமான அமைப்புடன் இருக்கின்றன.

கண்டங்கள், கடலடி கொப்பரைகள் ஆகியவற்றின் தோற்றம்

(Origin)

கண்டங்களும், கடலடி கொப்பரைகளும் புவியின் அடிப்படை நிலத்தோற்றங்களாகும். எனவே, அவற்றின் தோற்றத்தை நாம் அறிவது நலம். புவியின் தோற்றத்தை விளக்கும் கொள்கைகள் சிலவற்றில், கண்டங்கள், கடலடி கொப்பரைகள் ஆகியவற்றின் தோற்றமும் விளக்கப்பட்டுள்ளது. (கெல்வின் (Kelvin) என்பவர் புவி, வாயுநிலையில் இருந்தபோதே சில இடங்களில் பொருள்கள் அடர்த்தியுடன் இருந்ததாகவும், குளிர்ச்சியடைந்த பின்னர் அவை தடித்த மேலோடுகளாக மாறின என்றும் அவையே தற்போதைய கண்டங்களாக காட்சி தருகின்றன என்றும் கருதினுர்.) கோள் அணுக் கொள்கையின்படி, கண்டங்கள் கோள் அணுக்களின் படிதலினுல் தோன்றியவையாகும். கோள் அணுக்கள் அதிகமாக விழுந்து படிந்த இடங்களே இன்று கண்டங்களாக உள்ளன என்று அக் கொள்கை விளக்குகிறது. ஸோலாஸ் (Sollas) என்ற அறிஞரின் கூற்றுப்படி கண்டங்களும், கொப்பரைகளும் தோன்றுவதற்கு காரணமாக இருந்தது வளிமண்டல அழுத்தமாகும் (படம்: 123). புவி திரவ நிலையில் இருந்தபோது எந்த இடத்தில் வளிமண்டல அழுத்தம் அதிகமாக இருந்ததோ அந்த இடத்தில் திரவம் அழுந்தியதால் குளிர்ச்சியடைந்தபோது அது கடலடி கொப்பரையாக மாறியது. இதுபோலவே வளிமண்டல அழுத்தம்

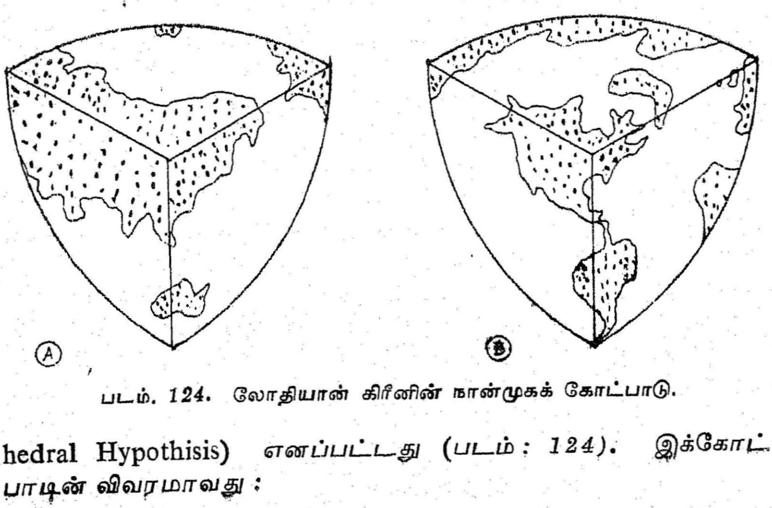
குறைவாக இருந்த இடங்களில் திரவம் மேலெழுந்து உறைந்து கண்டங்களாயின.



படம் 123. ஜீன்ஸ்-ஸோலாஸ் கொள்கை.

நான்முகக் கோட்பாடு (Tetrahedral Hypothesis)

கண்டங்கள், சமுத்திரங்கள் ஆகியவற்றின் தோற்றம், அமைப்பு, பரவல் ஆகியவை பற்றி 1875ஆம் ஆண்டு லோதியான் கிரீன் (Lothian green) என்பவர் ஒரு புதுமையான கொள்கையை வெளியிட்டார். இது நான்முகக் கோட்பாடு (Tetra



படம். 124. லோதியான் கிரீனின் நான்முகக் கோட்பாடு.

hedral Hypothisis) எனப்பட்டது (படம்: 124). இக்கோட்பாடின் விவரமாவது :

(1) புவி முதலில் கோள வடிவத்தில் இருந்தது. கோளத்தின் கன அளவைவிட அதன் பரப்பளவு குறைவாக இருக்கவேண்டும். ஆனால் புவி குளிர்ச்சியடைந்து சுருங்கிவிட்ட பின் அதன் கன அளவு குறைந்துவிட்டது. அதனால் கன அளவை விட பரப்பளவு அதிகமாகப் போய்விட்டது. அதிகமாகிவிட்ட பரப்பளவைத் தாங்குவதற்காக கோள வடிவிலிருந்த புவி, நான்முக வடிவங்கொண்டதாக (tetrahedron) மாறியது.

(2) நான்முக வடிவத்தில் நான்கு சம முக்கோண பக்கங்கள் உள்ளன. இதில் ஏதாவது மூன்று பக்கங்கள் ஒரே முனையில் கூடுகின்றன. லோதியான் கிரீன் கருத்துப்படி புவி, இத்தகைய ஒரு முனையில் ஊன்றிக்கொண்டிருந்தது. எனவே, புவியின் நிலங்களும், கடல்களும் நான்முக வடிவத்திலேயே பரவி யிருந்தன.

(3) நான்முக வடிவத்திலுள்ள நான்கு பக்கங்களும் நான்கு பெருங்கடல்களைக் குறிக்கின்றன (இந்துமாக்கடல், பசிபிக் கடல், அட்லாண்டிக் கடல், ஆர்க்டிக் கடல்) இதில் கிடையாக அமைந்த மேல்பக்கம் ஆர்க்டிக் கடலைக் குறிக்கிறது.

(4) நான்முக வடிவத்தின் விளிம்புகள் (edges) கண்டங் களைக் குறிக்கின்றன. செங்குத்து விளிம்புகள் வடக்கு தெற்காக அமைந்த கண்டங்களையும், கிடையாக அமைந்த விளிம்புகள் ஆர்க்டிக் கடலைச் சுற்றியுள்ள நிலங்களையும் குறிக்கின்றன. கீழ்நோக்கியுள்ள முனை அண்டார்க்டிக் கண்டத்தைக் குறிக்கிறது.

நான்முகக் கோட்பாடு சமீப காலத்தில் J. W. கிரிகரி (Gregory) என்பவரால் புதிய சான்றுகளுடன் மீண்டும் வெளி யிடப்பட்டது. அவர் தரும் சான்றுகளாவன.

(1) புவியில் தற்போது வட கோளார்த்தத்தில்தான் நிலப்பரப்பு அதிகமாக இருக்கிறது. நான்முக வடிவத்தில் வடக்குப் பகுதியில்தான் நிலத்தைக் குறிக்கும் கிடை விளிம்புகள் காணப்படுகின்றன என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

(2) கண்டங்கள் முக்கோண வடிவத்தில் அமைந்துள்ளன. அவற்றின் வடபகுதி அகன்றதாகவும், தென்பகுதி நீண்டு குறுகியும் செல்கிறது. நான்முக வடிவத்தில் நான்கு முக்கோண பக்கங்களும் தெற்கில் குறுகி அமைந்திருப்பதை இங்கு நினைவில் கொள்ளலாம்.

(3) கண்டங்கள் தெற்குநோக்கி நீண்டு குறுகி அமைந்திருப்பதால் பெருங்கடல்கள் வடக்கு நோக்கி குறுகிச் செல்கின்றன.

(4) தென் துருவத்திலிருந்து நிலப்பாகம் மூன்று திசைகளில் (tri radiate) பரவிச் செல்லுகிறது. நான்முக வடிவத்தில், தென் முனையிலிருந்து செங்குத்தாக மூன்று விளிம்புகள் பிரிந்து செல்லுவதை இங்கு நாம் நினைவில் கொள்ளலாம்.

(5) புவிப் பரப்பில் நிலப்பாகத்திற்கு நேர் எதிரே மறுபுறத்தில் கடல் இருப்பது (antipodal position) நான்முகக் கோட்பாட்டை வலியுறுத்தும் மற்றொரு சான்றாகும். நான்முக வடிவத்தில் விளிம்பிற்கு (நிலம்) நேர் எதிரே மறு பக்கத்தில் முக்கோணப் பக்கம் (கடல்) இருப்பதை இங்கு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம்.

நான்முகக் கோட்பாட்டில் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும் கருத்துக்கள் புவியின் நிலத்தோற்ற அமைப்பிற்கு விளக்கம் தந்தாலும், சில காரணங்களினால் அக்கருத்துக்களை நாம் ஏற்பதற்கில்லை. முதலாவதாக, நான்முக வடிவம் சமநிலைக் (equilibrium) கொண்டதாக இல்லை. இரண்டாவதாக, புவி சுழன்றுக் கொண்டிருப்பதால் நான்முக வடிவம் மீண்டும் கோள வடிவத்தைப் பெற்று விடுகிறது. மூன்றாவதாக புவிக்கோளம் சுருங்குவதால் நான்முக வடிவம் ஏற்படும் என்று கூறுதல் இயலாது.

பிற கொள்கைகள்

கண்டங்களின் தோற்றம்பற்றி வேறு சில கருத்துக்களும் வெளியிடப்பட்டன. அவற்றில் சிலவற்றைப் பின் வரும் பகுதிகளில் பார்க்கலாம்.

லாப்வொர்த் (Lap worth) என்பவர் கண்டங்களும், கடலடி கொப்பரைகளும், புவி ஓடு, மேல்நோக்கியும், கீழ்நோக்கியும் மடிந்ததால் ஏற்பட்டதாகக் கருதினார். இவரது கொள்கையின் படி, வட அமெரிக்கக் கண்டம், புவி ஓடு மேல்நோக்கி வளைந்ததால் ஏற்பட்ட பகுதியாகும். இக்கண்டத்தின் இரு விளிம்புகளிலும் சிறிய மடிப்புகள் காணப்படுவதை இவர் சான்றாக எடுத்துக் கொண்டார். இம்மடிப்புகளுக்கு இடைப்பட்ட பகுதி தாழ்ந்துள்ளதால் அது மையச் சமவெளியாக மாறியிருக்க வேண்டும் எனக் கருதுகிறார். மேலும் அட்லாண்டிக் கடல்,

புவி ஓடு கீழ்நோக்கி வளைந்ததால் ஏற்பட்டதாகவும், அதிலுள்ள நீண்ட குன்றுகள் புவியோட்டின் மடிப்பினால் ஏற்பட்டதாகவும் இவர் கருதினார். கண்டங்களும், கடலடி கொப்பரைகளும், புவியோட்டின் மடிப்பினால் ஏற்பட்டிருக்கக் கூடும் என்பதற்கு எந்தவித சான்றும் இல்லை. எனவே இக்கொள்கையை நாம் ஏற்றுக் கொள்வதற்கில்லை.

1907 ஆம் ஆண்டு லவ் (Love) என்பவர், லாப்வொர்த்தின் (Lap worth) கொள்கையை கணித முறையில் ஆராய்ந்து மீண்டும் வெளியிட்டார். இவருடைய கருத்துப்படி, புவியின் ஈர்ப்பு விசை மையமும், புவியின் மையமும் ஒன்று சேராமல் இருப்பதால் அதன் தோற்றத்தில் சிதைவு ஏற்பட்டு, புவி ஓடு மேல் நோக்கியும், கீழ் நோக்கியும் வளைந்து பல்வேறு நிலத்தோற்றங்களை ஏற்படுத்தி யுள்ளன. கண்டங்களின் தற்போதைய அமைப்பிலிருந்து அவை பல மாற்றங்களுக்குள்ளாகி இருக்கின்றன என்பதை ஏற்றுக் கொண்டாலும், இக்கொள்கையில் கூறியுள்ள அம்மாற்றத்திற் கான காரணத்தை நாம் ஏற்றுக் கொள்வதற்கில்லை.

கண்டங்கள், சமுத்திரங்கள் தோற்றம் பற்றி 20 ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் ஜீன்ஸ் (Jeans) என்ற புவி அறிஞர் வெளியிட்ட கொள்கைக்கு முதலில் மிகுந்த வரவேற்பு இருந்தது. அவர், கோள்கள் சுழலும் தன்மையை ஆராய்ந்த போதுதான் புவி அடைந்த மாற்றங்களைப் பற்றிய கருத்து ஜீன்ஸுக்கு உருவானது. இக்கருத்தின்படி

(1) புவியிலிருந்து சந்திரன் ஒரு துணைக் கோளாக பிரிந்தபின், புவியானது உறைந்து சுருங்கியது.

(2) அவ்வாறு உறைவதற்கு முன்னர் இரண்டாவது துணைக் கோள் தோன்றுவதற்கு ஏதுவாக புவியின் வடிவம் ஒரு ஈட்டி முனையை ஒத்திருந்தது. அதன் குறுகிய பகுதி தெற்கு நோக்கி யிருந்தது (படம் 123).

(3) அத்தகைய வடிவத்தில் மேல்பகுதி நிலக் கோளார்த்த மாகவும், கீழ்ப்பகுதி நீர் கோளார்த்தமாகவும் இருந்தது. அந்த நீர் பகுதியில் ஒரு சிறிய தீவு நிலப்பகுதிக்கு நேர் எதிரில் மறு பக்கத்தில் அமைந்திருந்தது.

(4) புவி குளிர்ச்சியடைந்து சுருங்கும் போது இந்த இரண்டு நிலப்பகுதிகளுக்கு இடையே ஏற்பட்ட ஈர்ப்பு விசையினால் அவை இரண்டும் நெருக்கப்பட்டதால் பூமத்தியரேகைப் பகுதியி

லிருந்த நிலம் உந்தப்பட்டு வெளிப்பக்கம் வளைந்தது. இவ்வாறு கண்டங்களும், கடலடி கொப்பரைகளும் தோன்றின.

(5) ஸோலாஸ் (Sollas) இக்கொள்கைக்கு சாதகமாக புவியில் காணப்படும் கண்டங்கள், கடல்கள் ஆகியவற்றின் பரவலைச் சுட்டிக் காட்டினார். உதாரணமாக ஆப்ரிக்கா கண்டம் நிலக் கோளார்த்தத்திற்கு மையமாக அமைந்துள்ளது. பசிபிக் கடல் அதற்கு நேர் எதிரில் அமைந்துள்ளது.

(6) நிலக் கோளார்த்தத்திலுள்ள பசிபிக் கடலில் முன்பு குறிப்பிட்ட தீவு தற்போது இல்லையெனினும் தொடக்கத்தில் அது இருந்ததற்கான அடையாளங்கள் இருப்பதாக ஸோலாஸ் (Sollas) கருதினார்.

(7) பசிபிக்கடல், அட்லாண்டிக்கடல், இந்துமகாசமுத்திரம் ஆகிய நீர்ப்பகுதிகளைப் பிரிக்கும் நிலப்பகுதிகள் ஜீன்ஸ் குறிப் பிட்ட, உந்தப்பட்டு வெளிப் பக்கம் வளைந்த நிலப் பகுதிகளே யாகும் என்ற கருத்தை ஸோலாஸ் ஆதரித்தார்.

ஆஸ்மாண்டு பிஷர் (Osmond Fisher) என்ற அறிஞர் பசிபிக் கடலின் தோற்றத்தைப் பொருத்தவரை ஜீன்ஸ், ஸோலாஸ் கொள்கையை ஏற்றுக் கொள்ளவில்லை. இவருடைய கருத்துப் படி புவியிலிருந்து சந்திரன் பிரிந்து சென்றபோது ஏற்பட்ட பள்ளமே தற்போது பசிபிக் கடலாக உள்ளது என்பதாகும். பிஷருடைய கொள்கை புவியின் சமசீரற்ற அமைப்பிற்கும் பசிபிக் கடலின் மாறுப்பட்ட அமைப்பிற்கும் ஓரளவு விளக்கம் தருவதாக உள்ளது.

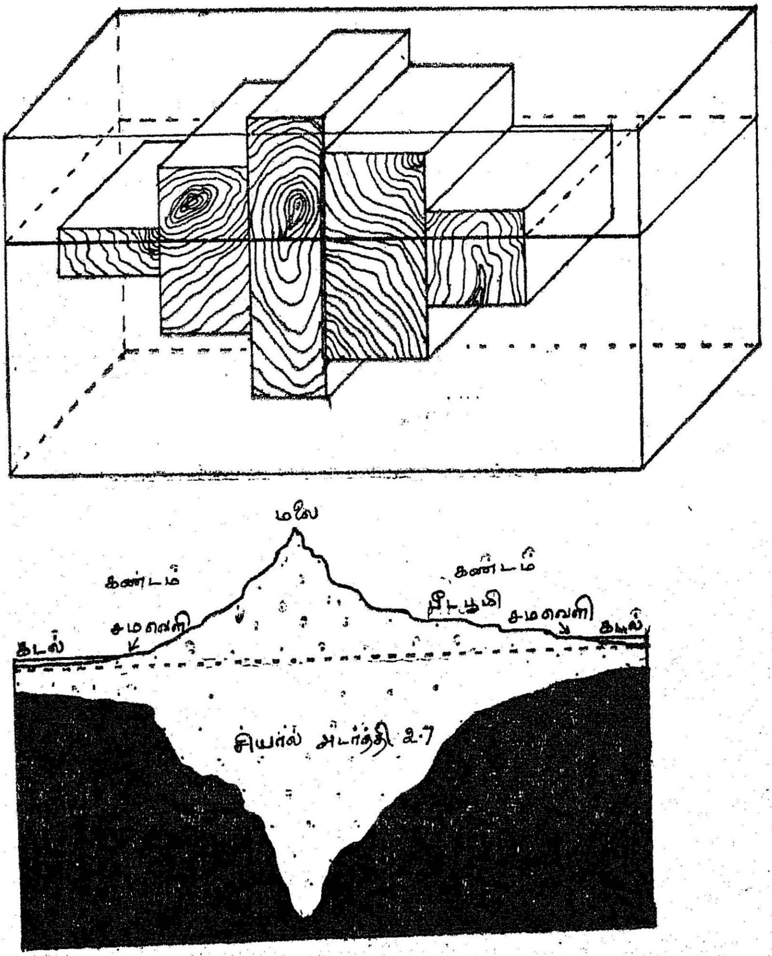
23. சமநிலைத் தன்மைக் கொள்கை
(Isostasy)

சமநிலைத் தன்மைக் கொள்கை என்பது புவியோட்டின் சமநிலைத் தன்மையை விவரிப்பதாகும். புவியோட்டிலுள்ள மலைகளும், கண்டங்களும், சமவெளிகளும், கடலடி தளங்களும் அவற்றின் அடர்த்திக்கு ஏற்றாற்போல் புவியீர்ப்பு விசையினால் ஈர்க்கப்படுவதால், அவற்றின் உயரம் அடர்த்திக்கு தகுந்தாற் போல் மாறுபடுகிறது. அடர்த்திக்கு தகுந்தவாறு உயரம் மாறுபட்டாலும் புவியீர்ப்பு விசை எங்கும் சமநிலையிலேயே இருக்கிறது. இதுவே சமநிலைத் தன்மைக் கொள்கையாகும். இக்கொள்கையை டட்டன் (Dutton) என்ற புவி அறிஞர் 1889 ஆம் ஆண்டு வெளியிட்டார்.

கண்டங்கள் சியாலினாலும், கடலடி தளங்கள் சிமாவினாலும் ஆக்கப்பட்டுள்ளன என்பதை ஏற்கனவே பார்த்தோம். சியாலின் அடர்த்தி, சிமாவின் அடர்த்தியைக் காட்டிலும் குறைவானதால் அது சிமாவின் மீது மிதக்கிறது. அதாவது கண்டங்கள் கடலடி தளத்தின் மீது மிதக்கின்றன. ஒரு திடப்பொருள் ஒரு திரவத்தில் மிதக்கும் போது, மிதக்கும் பொருளின் அடர்த்திக்கும், நீளத் திற்கும் தகுந்தவாறு அது மிதக்கும் உயரம் வேறுபடும். உதாரணமாக ஒரு பனிக்கட்டி கடலில் மிதக்கும்போது அதன் 1/7 பங்கு மட்டுமே நீருக்கு வெளியே இருக்கும். மற்ற பகுதி நீருக் கடியில் இருக்கும். இது போலவே சிமாவில் மிதக்கிற கண்டங் களின் (சியாலின்) கன அளவில் 1/9 பங்கு மட்டுமே வெளியே தெரிகிறது என்றும் மற்றவை சிமாவில் (கடலடி தளத்தில்) புதைந்து இருக்கிறது என்றும் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். மிதக்கும் நிலத்தின் உயரம் அதன் அடர்த்திக்கு தகுந்தாற்போல் வேறு படுகிறது.

சமநிலைத் தன்மையைப் புரிந்துகொள்வதற்கு கீழ்க்கண்ட சோதனை உதவியாக இருக்கும். ஒரே குறுக்களவு ஆனால் வெவ்வேறு நீளமுள்ள மரக்கட்டைகளை ஒரு நீர்த்தொட்டியில் மிதக்கவிட்டால், ஒவ்வொரு மரக்கட்டையும் அதன் நீளத்திற்கு

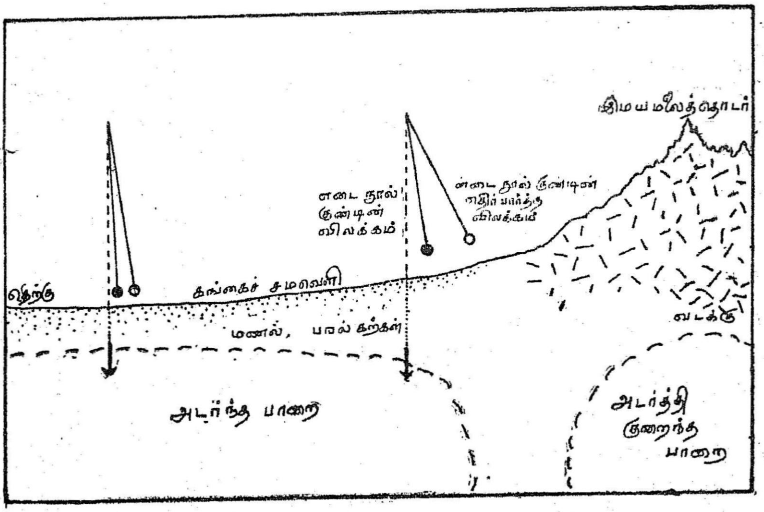
ஏற்ற விகிதத்தில் நீருக்கு வெளியே உயர்ந்திருக்கும் (படம். 125). புவியோட்டில் காணப்படும் மலைகள், பீடபூமிகள், சமவெளிகள் ஆகியவையும் மேற்கூறிய மரக்கட்டைகளைப் போல் சிமாவில் மிதந்து கொண்டிருப்பதால் அவை ஒவ்வொன்றின் நீளத்திற்கு ஏற்ப சிமாவுக்கு வெளியே வெவ்வேறு உயரத்தில் காணப் படுகின்றன. மற்ற பகுதி சிமாவில் புதைந்திருக்கிறது.



படம் 125. எய்ரியின் சமநிலைத் தன்மையை விளக்கும் படம்.

1735 ஆம் ஆண்டில் பகுயர் (Bouguer) தலைமையில் பெரு ஆராய்ச்சிக்குழு (Peru Expedition) ஒன்று ஆண்டிஸ் (Andes) மலைப்பகுதியை சர்வே செய்யும்போது சில புதுமைகளைக்

கண்டறிந்தார்கள். மலைகளுக்கு ஈர்ப்புத்தன்மை உண்டு என்பதை நாம் அறிவோம். மலைகளின் கன அளவிற்கு ஏற்ப இந்த ஈர்ப்புத் தன்மை மாறுபடும். இந்த ஈர்ப்புத் தன்மையைப் பொதுவாக எடை நூல் குண்டு (Plumb bob) செங்குத்துக் கோட்டைவிட்டு விலகுவதிலிருந்து அறியலாம். ஆனால் பெரு ஆராய்ச்சிக் குழுவினர் ஆண்டிஸ் மலைப்பகுதியை சர்வே செய்யும்போது அம்மலைகள் எடை நூல் குண்டை எதிர்பார்த்த அளவுக்கு ஈர்க்க வில்லை. இதேபோல் பிரிட்டனைச் சார்ந்தவரும், இந்திய சர்வே குழுவின் தலைவருமான சர் ஜார்ஜ் எவரஸ்ட் (Sir George Everest) குழுவினர் இந்தியாவில் 1859 ஆம் ஆண்டு இமயமலைக்கு தெற்கே கங்கைச் சமவெளியில் கலியானா (Kaliana), கலியான்பூர் (Kalianpur) என்ற இரு இடங்களிலும் சர்வே செய்யும்போது எடை குண்டு நூல் எதிர்பார்த்த அளவுக்கு விலகவில்லை (படம் : 126). கல்கத்தாவைச் சார்ந்த பிராட் (Pratt) என்ற கணித இயல் நிபுணர் 1855ஆம் ஆண்டு இமயமலைகள், திபெத்



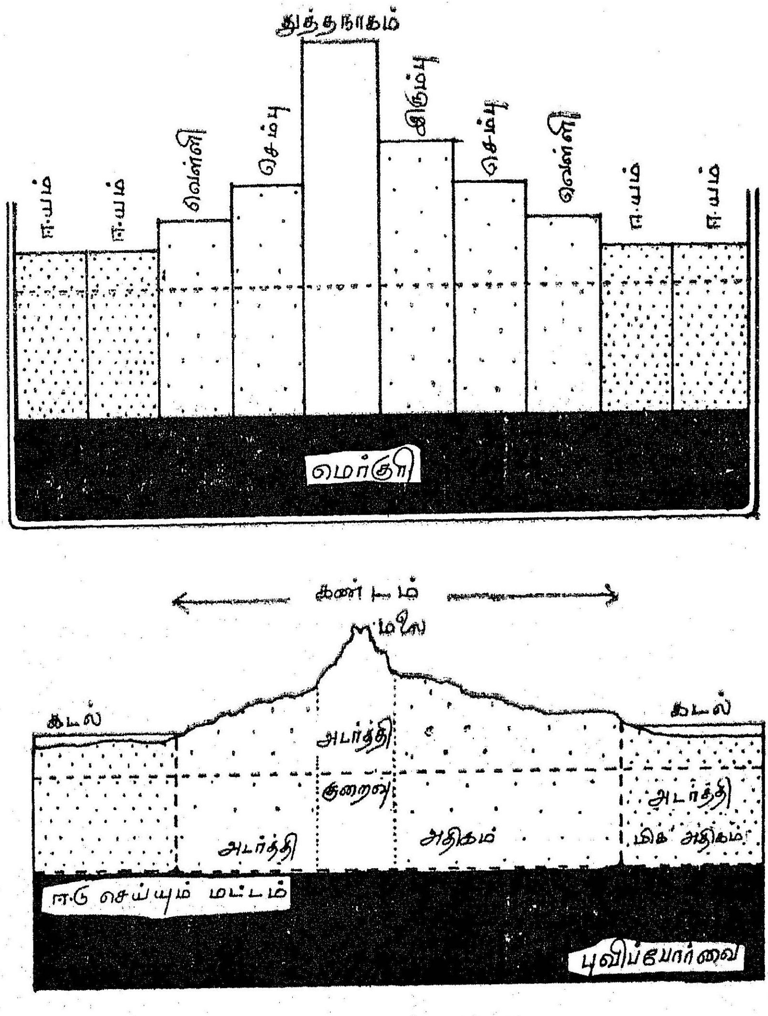
படம் 126. இமயமலைகள் எடை நூல் குண்டை எதிர்பார்த்த அளவுக்கு ஈர்க்கவில்லை.

பீடபூமி ஆகியவற்றின் கனஅளவை மனதில் வைத்து அவற்றின் ஈர்ப்புத் தன்மையை கணக்கிட்டதில், எடை நூல் குண்டு செங்குத்துக் கோட்டிலிருந்து குறைந்தது 15 செகண்டுகளாவது இமயமலைகளை நோக்கி விலகியிருக்கவேண்டும் என கணக்கிட்டார். ஆனால், உண்மையில் இப்பகுதியில் காணப்பட்ட விலகல் 5 செகண்டுகளேயாகும்.

இவையாவும் மலைகளின் அடிப்பாகத்தில் வெகு ஆழம் வரை அடர்த்தி குறைவாக இருப்பதையே நமக்கு உணர்த்துகின்றன. அதனால்தான் மலைகளின் ஈர்ப்பு விசை கணக்கிட்ட அளவைவிட குறைவாக இருக்கிறது. மலைகளின் அடிப்பாகத்தில் அடர்த்தி அதிகமாக இருக்குமென்று முதலில் நம்பியதே கணக்கு தவறுன தற்கு காரணமாகும். மலைகளின் அடிப்பாகம் பூமிக்குள் வெகு ஆழம்வரை செல்கிறது என்றும் ஒவ்வொரு மலைக்கும் சியாலினல் ஆன ஒரு வேர் (Sialic root) உண்டு என்றும் சமநிலைத் தன்மையை நிலை நாட்டுவதற்காகவே மலைகளின் அடிப்பாகம் வெகு ஆழம் வரை செல்கிறது என்றும் புவி அறிஞர்கள் கண்டறிந் தார்கள். சியால் வேர் சுமார் 40 கி.மீ. ஆழம் வரை காணப்படு கிறதென்பதை நில அதிர்ச்சிக்குறி கருவியின் உதவியால் அறிகிறோம். எய்ரி பிராட்டின் (Pratt) ஐயத்தைத் தீர்க்கும் வகையில் (Airy) என்ற ஆங்கிலேய வானியல் அறிஞர் 1855ஆம் ஆண்டு ஈடு செய்யும் தன்மையைப் பற்றி ஒரு கருத்தை வெளி யிட்டார். எய்ரியின் ஈடு செய்யும் கருத்துப்படி சிமாவில் சியால் மிதக்கும்போது சியாலின் 1/9 பங்குதான் புவிப்பரப்பில் வெளிப் படுகிறது. மற்ற பகுதி சிமாவில் அமிழ்ந்து விடுகிறது. இக்கருத்தின்படி இமயமலைத் தொடருக்குக் கீழே அதன் சராசரி உயரத்தைப்போல் 8 மடங்கு தடிப்புள்ள பாறை அடுக்கு இருக்க வேண்டும். இவர் கருத்துப்படி நிலத்தோற்றத்தின் உயரத்திற்கு ஏற்ப சியாலின் பருமன் மாறுபடுகிறது. மலைகளின் அடிப் பாகத்தில் சியால் வேர் சுமார் 40 கி.மீ. ஆழம்வரை காணப்படு கிறது. சமவெளிகளுக்குக் கீழே சியாலின் கனம் 10 முதல் 12 கி.மீ. வரை இருக்கிறது. ஆனல் கடலடி நிலங்களுக்குக் கீழே அது முற்றிலும் காணப்படுவதில்லை. சிமாவில் சியால் மிதக்கும்போது 1/9 பகுதிதான் புவிப்பரப்பில் வெளிப்படுகிறது எனக் கூறினல் சுமார் 9000மீ. உயரமுள்ள இமயமலைக்குக் கீழே 72000 மீ. கனத்திற்கு சியால் இருக்கிறதென்று கருதக்கூடாது. நிலத்தோற்றத்தின் மொத்த எடையையும் ஈடு செய்யும் வகையில் நிலத்தோற்றத்தின் உயரத்திற்கு ஏற்ப சியாலின் பருமன் வேறுபடுகிறது. இத்தன்மையினல்தான் புவியோட்டில் சமநிலைத் தன்மை நிலவுகிறது (படம் : 125).

அடர்த்தி, உயரம் ஆகியவற்றிற்கு ஏற்ப கண்டம், மலை, பீடபூமி ஆகிய நிலத்தோற்றங்களின் அடிப்பாகம் புவிக்குள் வெகு ஆழம்வரை காணப்படுகிறது. இவை ஒவ்வொன்றின் பளுவிற்கு ஏற்ப அடிப்பாகத்தில் அழுத்தம் வேறுபடுகிறது. இந்த அழுத்த வேறுபாடு குறிப்பிட்ட ஆழம் வரைதான் காணப் படுகிறது. அதற்கு கீழ் எல்லா நிலத்தோற்றத்தின் அழுத்தமும்

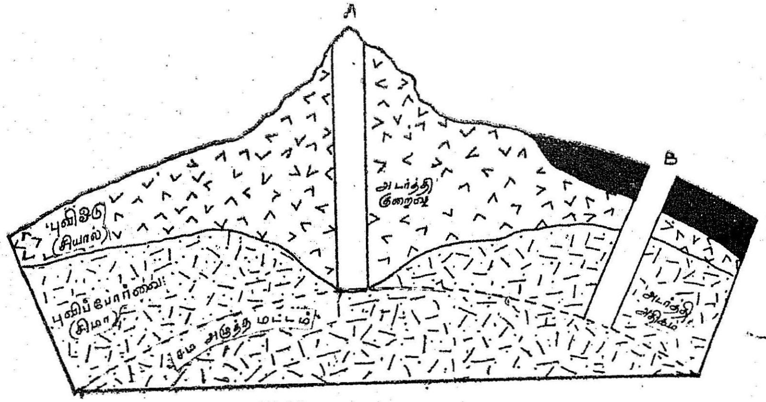
சமமாகவே உள்ளது என்று ஹேபோர்டு (Hay ford) கண்டறிந்தார். இந்த சம அழுத்த (isopiestic) மட்டமே புவியோட்டின் மட்டம் அல்லது கற்கோளத்தின் மட்டம் என்று கூறலாம்.



படம் 127. பிராட்டின் ஈடு செய்யும் மட்டம்.

புவியோட்டில் இந்த சம அழுத்த மட்டத்திற்கு மேல் அமைந்துள்ள நிலத்தோற்றங்களின் எடையாவும் சமமாகவே உள்ளது. ஆனால், இந்நிலத் தோற்றங்களின் அடர்த்தி வெவ்வேறாக இருப்ப

தால் அழுத்தத்தை ஈடு செய்வதற்காக அவை உயரத்தில் மாறுபடுகின்றன. அதாவது அடர்த்தி குறைவாக உள்ள மலை, பீடபூமி ஆகியவை அதிக உயரம் (கனம்) கொண்டதாகவும், அடர்த்தி அதிகமாக உள்ள கடலடிதளம் குறைந்த உயரம் (கனம்) கொண்டதாகவும் காணப்படுகின்றன. அடர்த்தியும், அழுத்தமும் ஈடுசெய்யப்படும் இந்த மட்டத்திற்கு ஈடு செய்யும் மட்டம் (level of compensation) என்பது பெயர் (படம் : 127). படம் 128-ல் Aயின் எடை Bயின் எடைக்கு சமமாகும். ஏனெனில் இவை சம அழுத்த மட்டத்திற்கு மேல் அமைந்



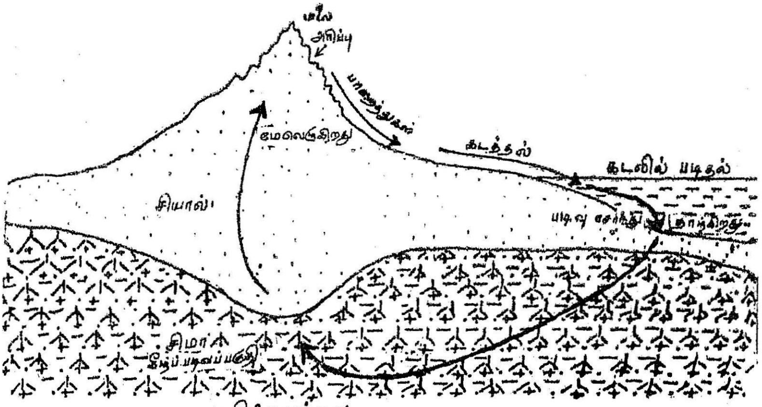
படம் 128. சம அழுத்த மட்டத்திற்கு மேல் அடர்த்தி குறைந்த பாறை உயரமாகவும் அடர்த்தி அதிகமுள்ள பாறைத் தாழ்வாகவும் உள்ளது.

துள்ளன. ஆயினும் Aயின் அடர்த்தி Bயின் அடர்த்தியைக் காட்டிலும் குறைவாக இருப்பதால் அது அதிக நீளம் கொண்டதாக உள்ளது.

சமநிலைத் தன்மையை நிலைநாட்டல் (Isostatic readjustment)

முன்னர் கூறிய மரக்கட்டை சோதனையில் நீரில் மிதக்கும் கட்டைகளில் ஒன்றின் நீளத்தைச் சிறிது குறைத்து விட்டால் அது சற்று மேலெழுந்து மிதப்பதைப் பார்க்கலாம். அதாவது முன்னர் நீருக்கடியில் இருந்த பகுதியில் சிறிது இப்போது நீருக்கு அடியில் காணப்படுகிறது. இதே அடிப்படையில்தான் சிமாவில் மிதக்கிற மலை, பீடபூமி ஆகிய நிலத்தோற்றங்களிலிருந்து பாறைகள் அரிக்கப்பட்டு கடத்தப்படும்போது அவற்றின் எடை குறைவதால் அங்கு சமநிலை (equilibrium) பாதிக்கப்படுகிறது. சம நிலையை நிலைநாட்டுவதற்காக அரிக்கப்பட்டு எடை குறைந்த நிலத்தோற்றங்கள் மேல்நோக்கி எழுகின்றன. மலை, பீடபூமி

ஆகியவற்றில் அரிக்கப்பட்ட பாறைப் பொருட்கள் கடத்தப்பட்டு சமவெளியில் படியும்போது அங்கு நிலத்தோற்றத்தின் எடை கூடுவதால் சமவெளி அமிழத் தொடங்குகிறது. எனவே புவியின் எப்பகுதியில் அரிப்பினுலும், படிதலினுலும் எடை மாறுபட்டாலும் அதனை ஈடு செய்வதற்காக நிலத்தோற்றங்கள் மேலெழும்பியோ, அல்லது அமிழ்ந்தோ சமநிலைத் தன்மையை நிலைநாட்டுகின்றன. (Isostatic readjustment) புவியின் மேற்பரப்பில் நிலம் அரிக்கப்பட்டு கடத்தப்படும்போது பொருள்கள் உயர்ந்த நிலத்திலிருந்து தாழ்ந்த நிலத்திற்கு இடம் பெயர்கின்றன. ஆனுல் புவியின் கீழ்ப் படிவப் பகுதியில் (sub stratum) இதற்கு நேர்மாருக அழுந்திய பகுதியிலிருந்து பொருள்கள் மேலெழுந்தபகுதிக்கு கடத்தப்படுகின்றன. புவியின் மேல்பகுதியில் பொருள்கள் கடத்தப்படுவதுபோல் கீழ்ப் படிவப் பகுதியிலும் அவை கடத்தப்பட்டால்தான் அங்கு சமநிலைத் தன்மை உண்டாகும் (படம்: 129).



படம் 129. சமநிலைத் தன்மையை நிலை நாட்டல்.

புவியில் சமநிலைத் தன்மை நிலைநாட்டப்படுகிறது என்பதற்கு சிறந்த உதாரணமாக பிளைஸ்டோசின் பனியுகத்திலும் (Pleistocene Ice Age) அதன் பிறகும் நிலத்தோற்றத்தில் ஏற்பட்ட மாறுதல்களை குறிப்பிடலாம். ஐரோப்பாவிலும், அமெரிக்காவிலும் பனியுகத்தில் நிலத்தைப் பனிக்கட்டி மூடிக் கொண்டதால் எடை அதிகரித்து அதன் விளைவாக நிலம் அழுந்தி இருந்தது. ஆனுல் பனியுகம் முடியும் தருவாயில் சுமார் 25000 ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் பனிக்கட்டி உருகத் தொடங்கியதால் இப்பகுதிகளில் எடை குறையத் தொடங்கியது. அதன் விளைவாக நிலம்

மேலெழும்பத் தொடங்கி இன்றும் இயக்கத்தில் உள்ளது. நிலம் மேலெழும்பியதற்குச் சான்றாக பின்லாந்திலும், ஸ்காண்டிநேவியாவிலும் (Scandinavia) உள்ள மேலெழுந்த கடற்கரைகளைக் குறிப்பிடலாம். இக்கடற்கரைகள் சுமார் 270 மீ. உயரம் வரை மேலெழும்பியுள்ளன. பால்டிக் (Baltic) போத்னியா (Bothnia) வளைகுடாவின் வடக்குப் பகுதியில் இப்போதும் 28 ஆண்டுகளுக்கு ஒரு அடி வீதம் நிலம் உயர்ந்து வருவது கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது. இப்பகுதியில் சமநிலைத்தன்மை நிலைநாட்டப்பட வேண்டுமெனில் இங்குள்ள நிலம் இன்னும் 210 மீ. வரை உயர வேண்டும் என்று கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள்.

24. கண்டங்களின் இடப்பெயர்ச்சி
(Continental Drift)

புவி அமைப்பியற் காலத்தில் (Geological time) கண்டங்கள் தற்போதுள்ள இருப்பிடங்களில் இருந்தனவா என்ற கேள்வி நெடுநாட்களாகவே கேட்கப்பட்டு வந்தது. கண்டங்களின் நிரந்தர இருப்பிடந் தன்மைபற்றி பல்வேறு கருத்துக்கள் வெளியிடப்பட்டன. கண்டங்கள் நீண்டகாலமாகவே நிரந்தர அமைப்பும், இருப்பிடமும் கொண்டிருக்கின்றன என்று ஒரு சாராரும்; அவை தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டும், இடம் பெயர்ந்துக் கொண்டும் வந்துள்ளன என்று மற்றொரு சாராரும் கருதி வந்தனர்.

கண்டங்கள் இடம் பெயர்ந்துள்ளன என்ற கருத்தை முதன் முதலாக வெளியிட்டவர் அந்தோணியோ ஸ்னைடர் (Antonio Snider) என்பவராவர். இவர் 1858ஆம் ஆண்டு இக்கருத்தை வெளியிட்டபோது யாரும் அதற்கு செவி சாய்க்கவில்லை. இதன் பிறகு 1910ஆம் ஆண்டு டெய்லர் (F. B. Taylor) என்ற அமெரிக்கப் புவி அறிஞர் கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சி பற்றி ஒரு கருத்தை வெளியிட்டார். இவருடைய கருத்தும் புவி அறிஞர்களின் முன்னிலையில் அப்போது எடுபடவில்லை. ஆனால் 1915ஆம் ஆண்டு அல்பிரட் வெகனர் (Alfred Wegener) என்ற ஆஸ்திரிய நாட்டு அறிஞர் கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சியை விவரித்து 'கண்டங்கள் சமுத்திரங்களின் தோற்றம்' என்ற புத்தகத்தை வெளியிட்டார். அதுவரை கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சியைப் பற்றி சிந்திக்காதவர்கள் அப்போது சிந்திக்கத் தொடங்கினார்கள். சிமா அடுக்கின்மீது கண்டங்கள் (சியால்) நகர்ந்து சென்றிருக்கின்றன என்ற தன்னுடைய கருத்தை வெகனர் 1912ஆம் ஆண்டிலேயே வெளியிட்டிருந்தும்கூட உலகப் போரினால் 1915ஆம் ஆண்டில்தான் அது புவி அறிஞர்களுடைய கவனத்தை ஈர்த்தது.

வெகனர் ஒரு உயிரியல் அறிஞராவார். இவர் உலகின் பரப்பில் தாவர வர்க்கத்தின் (flora) பரவலை விளக்க ஆராய

முற்பட்டபோது தற்போதைய காலநிலைக்குப் பொருந்தாத சில தாவரப் பாசில்கள் (fossils) சில இடங்களில் இருப்பதை உணர்ந்தார். எனவே, அந்நிலப் பகுதிகள் வேறு காலநிலையின் கீழ் முன்பு இருந்திருக்க வேண்டும் என்பதை அவர் உணர்ந்தார்.

பூமத்தியரேகை மண்டலம், அயன மண்டலம், துருவ மண்டலம் ஆகிய காலநிலைகளின் கீழ் தோற்றக்கூடிய அமைப்புகள் பல, இக்காலநிலை மண்டலங்களுக்கு வெகுதூரத்தில் தற்போது காணப்படுகின்றன. பொருந்தாத காலநிலையில் இவை தற்போது காணப்படுவதற்கு மூன்று காரணங்களைக் கூறலாம். (1) கடந்த காலத்தில் கண்டங்களின் காலநிலை வேறாக இருந்திருக்கக்கூடும். உதாரணமாக முன்பு துருவ மண்டலமாக இருந்த பகுதி காலப்போக்கில் அயன அல்லது பூமத்திய ரேகை மண்டலமாக மாறியிருக்கலாம். (2) கண்டங்களுக்கு இடையில் இணை நிலங்கள் (land bridges) இருந்திருக்கலாம். அவற்றின் மூலம் தாவரங்களும் உயிரினங்களும் இடம் பெயர்ந்திருக்கக்கூடும். (3) அக்கண்டங்கள் கடந்த காலத்தில் வேறு காலநிலைப் பகுதிகளிலிருந்து இடம் பெயர்ந்து வந்திருக்கக் கூடும்.

கடந்த காலத்தில் கண்டங்களின் காலநிலை பெரிய அளவில் மாறி வந்திருக்கிறது என்பதை நாம் முழுமையாக ஏற்றுக் கொள்வதற்கில்லை. ஏனெனில் சூரியனின் போக்கில் மாறுதல்கள் ஏற்பட்டிருந்தால்தான் காலநிலையில் மாறுதல்கள் ஏற்படமுடியும். சூரியனின் போக்கில் மாறுதல்கள் ஏற்பட்டதற்கான சான்றுகள் நம்மிடம் ஏதுமில்லை. சில பகுதிகளில் வளி, சமுத்திரம் ஆகியவற்றின் தொகுப்பமைப்பு மாறியதாலும், நிலம், மேல்நோக்கி எழும்பியதாலும் காலநிலை மாறியிருக்கிறது. ஆனால் இத்தகைய மாற்றங்கள் சிறிய அளவில்தான் ஏற்பட்டிருக்கிறதே தவிர, வெகனருடைய ஐயப்பாட்டைத் தீர்க்கும் வகையில் இல்லை.

ஒரே மாதிரியான உயிரினப் பாசில்கள் உலகின் பல்வேறு பகுதிகளில் காணப்பட்டதால் கண்டங்களுக்கிடையே இணைநிலம் இருந்திருக்க வேண்டுமென்று வெகனர் முதலில் கருதினார். ஆனால், அத்தகைய இணை நிலங்கள் இருந்ததற்கான சான்றுகள் ஏதும் இல்லாமையால் அக்கருத்தும் கைவிடப்பட்டது. எனவே, கடந்த காலத்தில் கண்டங்கள் யாவும் இணைந்து ஒரே நிலமாக இருந்திருக்க வேண்டுமென்றும், பின்பு இதிலிருந்து தற்போதைய கண்டங்கள் யாவும் பிரிந்து இடம் பெயர்ந்துள்ளன என்றும் வெகனர் கருதினார். இதற்கு சான்றாக அவர் அட்லாண்டிக் கடற்கரை விளிம்புகளை குறிப்பிட்டார்.

வெகனர் கொள்கை

வெகனரின் கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சிக் கொள்கை பின்வருமாறு :

(1) வெகனருடைய கருத்துப்படி தொல்லுயிர் யுகத்தின் (Palaezoic Era) தொடக்கத்தில் எல்லாக் கண்டங்களும் ஒன்றாகக் குழுமி, இணைந்து ஒரு பெரிய நிலமாக இருந்தது. இதற்கு 'பான்ஜியா' (Pangaea) என்று வெகனர் பெயரிட்டார்.

(2) 'பான்ஜியா' நிலத்தில் கண்டங்கள் இரு குழுக்களாக (blocks) இருந்தன. வடக்கிலிருந்த குழுவில் வட அமெரிக்கா, ஐரோப்பா, ஆசியா ஆகிய கண்டங்களும் தெற்கிலிருந்த குழுவில் ஆஸ்திரேலியா அண்டார்க்டிகா, தீபகற்ப இந்தியா, ஆகிய கண்டங்களும் இருந்தன. வடக்கிலிருந்து குழு 'லாரேஷியா' (Laurasia) என்றும், தெற்கிலிருந்த குழு 'கோண்டுவானு' (Gondwana) என்றும் அழைக்கப்பட்டது.

(3) லாரேஷியாவும், கோண்டுவானுவும் டெதிஸ் (Tethys) என்ற நீண்ட கடலினுல் பிரிக்கப்பட்டிருந்தது.

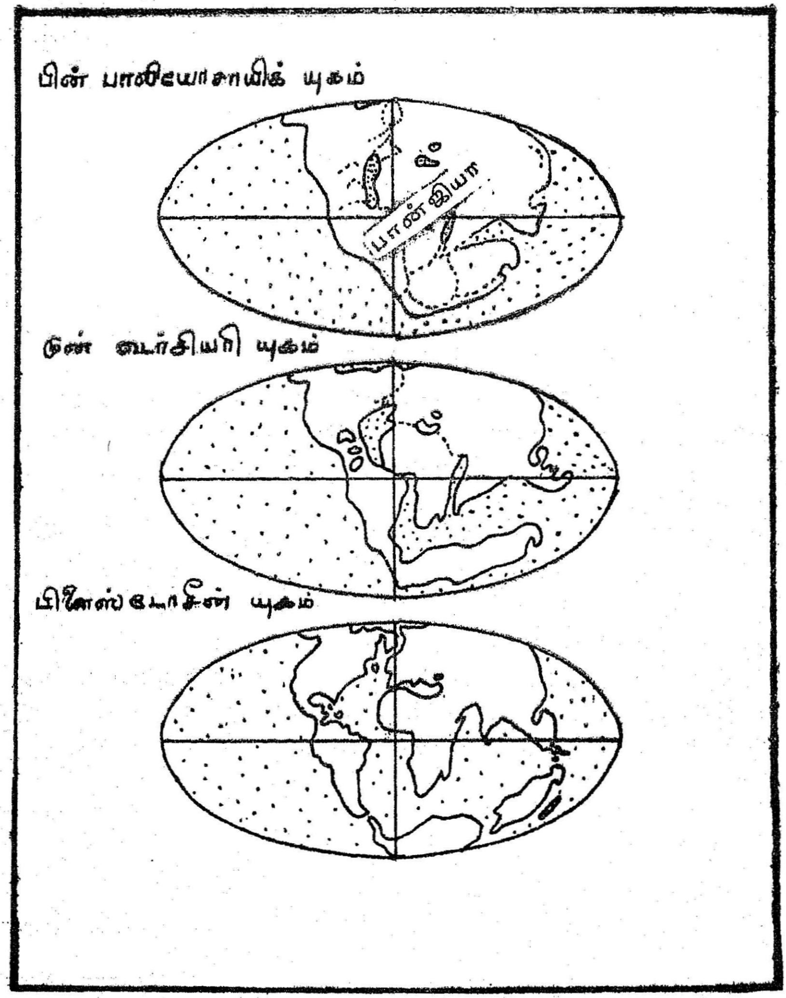
(4) மாறுபட்ட புவியீர்ப்பு விசையினுல் (differential gravitational forces) பான்ஜியா நிலம் உடைந்து பல துண்டுகளாகி அவை வெவ்வேறு திசைகளுக்கு இடம் பெயர்ந்து சென்றன. அவற்றில் சில பகுதிகள் கடலில் மூழ்கிய பின்பு எஞ்சியிருந்த இடம் பெயர்ந்த நிலங்கள்தான் இன்று கண்டங்களாக காட்சியளிக்கின்றன.

(5) மாறுபட்ட புவியீர்ப்பு விசைகளில் ஒன்று கண்டங்களை பூமத்திய ரேகையை நோக்கியும், மற்றொன்று மேற்கு திசையை நோக்கியும் ஈர்த்து சென்றது. பூமத்திய ரேகையை நோக்கி நேருக்கு நேராக ஆப்ரிக்காவும் ஐரோப்பாவும்; மேற்கு திசையை நோக்கி வட அமெரிக்காவும் தென் அமெரிக்காவும் இடம் பெயர்ந்தன. பான்ஜியாவில் தென் கிழக்கு ஆப்ரிக்காவுடன் இணைந்திருந்த ஆஸ்திரேலியா வடகிழக்கு திசையை நோக்கியும், தீபகற்ப இந்தியா வடக்கு திசையை நோக்கியும் இடம் பெயர்ந்தன (படம் : 130).

(6) வெகனருடைய கொள்கைப்படி கோண்டுவானு நிலம் தென் துருவத்திற்கு அருகில் அமைந்திருந்தது. அப்போது தென் ஆப்ரிக்க கடற்கரை தென் துருவத்திற்கு மிக அருகில் இருந்தது.

(7) நடுஉயிர் யுகத்தில் (Mesozoic Era) கோண்டுவானு நிலம் ஆரவடிவில் (radial) உடைந்து பிரிந்ததால் தென் கண்டங்கள் முக்கோண வடிவில் காணப்படுகின்றன. உடைந்த கண்டங்கள்

தென் துருவத்திலிருந்து பூமத்திய ரேகைப் பகுதியை நோக்கி இடம் பெயர்ந்தன. அண்டார்க்டிகா கண்டம் மட்டும் தென் துருவத்திலேயே நின்றுவிட்டது. எனவே வெகனர் தன்னுடைய



படம் 130. பான்ஜியாவிலிருந்து கண்டங்கள் பிரிந்து இடம் பெயர்தல்.

கொள்கையில் கண்டங்கள் தென் துருவத்திலிருந்து இடம் பெயர்ந்ததால் இந்த இயக்கத்தை 'துருவத்திலிருந்து பயணம்' (Polflucht–flight from the pole) என்று விவரித்தார்.

(8) வெகனருடைய கருத்துப்படி தென் துருவம் கடந்த காலத்தில் தென் ஆப்ரிக்க கடற்கரைக்கு மிக அருகில் அமைந்திருந்தது. துருவங்கள் இடம் பெயர்ந்து செல்கின்றன என்பது வெகனருடைய கருத்தாகும்.

(9) வெகனருடைய கொள்கைப்படி ஆப்ரிக்கா, ஐரோப்பா, தீபகற்ப இந்தியா, ஆசியா ஆகிய நிலப் பகுதிகள் ஒன்றையொன்று நெருங்கி வந்ததால் டெதிஸ் கடலிலிருந்த படிவுகள் நசுக்கப்பட்டு மடிந்து ஆல்ப்ஸ்—இமயமலைத் தொடர்களாக உயர்ந்து நிற்கின்றன. இதேபோல் வடதென் அமெரிக்கக் கண்டங்கள் மேற்குநோக்கி நகரும்போது அவற்றின் விளிம்புகள் கடலடி தளத்தில் உராய்ந்து உந்தப்பட்டதால் ராக்கி (Rockies) ஆண்டிஸ் (Andes) மலைத்தொடர்களாக தோன்றியுள்ளன. எனவே வெகனருடைய கொள்கையில் மலையாக்க முறையும் (mountain building) விளக்கப்பட்டிருக்கிறது.

(10) வெகனர் கோப்பன் (Koppen) என்ற காலநிலை அறிஞரின் உதவியுடன் கார்பானிபெரஸ் (carboni-ferrons) காலத்திலிருந்து பனியாறு, பாலைவனம் மழைமிகுந்த பகுதி ஆகியவற்றின் இருப்பிடம், பரவல், போன்றவைகளை ஆராய்ந்து அதன் மூலம் பூமத்தியரேகை, துருவம் ஆகியவற்றின் இடப்பெயர்ச்சியைக் கண்டறிந்தார்.

வெகனருடைய கொள்கைக்கு சான்றுகள்

மேற்கண்ட பகுதியில் வெகனருடைய, கண்டங்களின் இடப்பெயர்ச்சிக் கொள்கையின் சுருக்கத்தைப் பார்த்தோம். இப்போது அக்கொள்கைக்கு அவர் தரும் சான்றுகளைப் பார்ப்போம்.

கண்டங்களின் இடப்பெயர்ச்சிக் கொள்கைக்கு பொதுவாக இரண்டு வழிகளில் சான்று தர முடியும். முதலாவதாக தற்போதைய கண்டங்கள் ஒரே நிலத்திலிருந்து பிரிந்து வந்தவை என்று கருதினால் அக்கண்டங்களில் பாறைகள் அமைந்துள்ள திசை, படிவுப் பாறைகளின் அமைப்பு, மடிப்பு மலைகள், பாசில்கள் ஆகியவை ஒரே மாதிரியாக இருத்தல் வேண்டும். இரண்டாவதாக கண்டங்கள் வெவ்வேறு இடத்திலிருந்து வந்தவை என்று கருதினல் அக்கண்டங்களில், கடந்த காலத்தில் இருந்துவந்த இடத்தின் காலநிலைத் தன்மையை பாறைப் படிவுகளிலும், பாசில்களிலும் தற்போது காணலாம். உதாரணமாக ஓரிடத்திலுள்ள படிவுப் பாறைகளில் நிலக்கரி படிவுகள் காணப்பட்டால் அப்பகுதியில் அயன மண்டலக் காலநிலைக்குரிய அயன

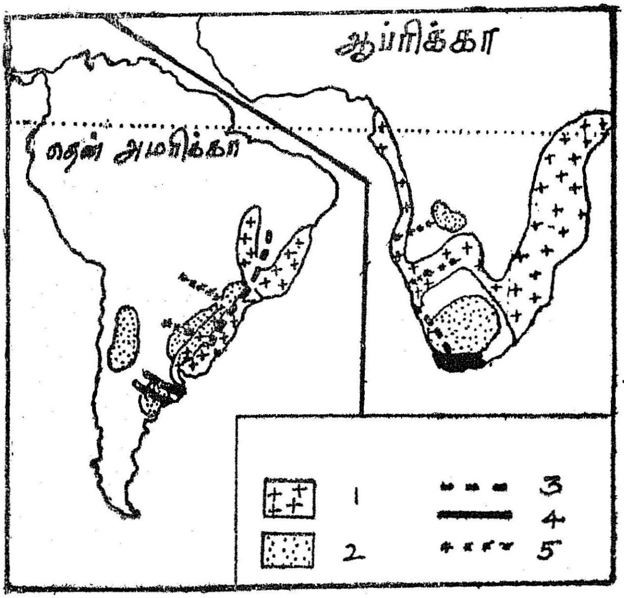
மண்டலக் காடுகள் இருந்திருக்க வேண்டுமென்பதை அறிகிறோம். பாறைக்களிமண் (till) மொரைன் (moraine) படிவுகள் காணப் பட்டால் அங்கு குளிர்ந்த காலநிலை (cold climate) இருந்திருக்க வேண்டுமென்றும், ஜிப்ஸம் (gypsum) அல்லது கல்லுப்பு (rock salt) படிவுகள் காணப்பட்டால் அங்கு வறண்ட காலநிலை (Arid climate) இருந்திருக்க வேண்டுமென்றும் நாம் அறிகிறோம். எனவே வெகனரும், அவருடைய கொள்கையை ஆதரித்த டு டாய்ட் (Du Toit) என்ற தென் ஆப்ரிக்க புவி அமைப்பியல் அறிஞரும், கண்டங்கள் இடம் பெயர்ந்துள்ளன என்பதை நிலைநாட்ட மேற்கூறிய வழிகளில் பல சான்றுகளைச் சேகரித் தார்கள். அவை யாவன :

(1) அட்லாண்டிக் கடலின் இரு புறத்திலும் உள்ள கண்டங் களின் வடிவத்தைப் பார்க்கும்போது அவை ஒரே நிலப்பகுதியி லிருந்து உடைந்து பிரிந்தவை என்று தெரிகிறது. அட்லாண்டிக் கடலின் மேற்கு கடற்கரையையும் கிழக்குக் கடற்கரையையும் இணைத்தால் அவை ஒன்றோடொன்று பொருந்தி அமைகின்றன. இதே போல் எல்லஸ்மியர் தீவை (Ellesmere Island) கிரீன்லாந் துடனும், பஃபின் தீவை (Baffin Island) லாபரடார் (Labrador) பகுதியுடனும் இணைத்தால் அவை சரியாகப் பொருந்துகின்றன.

(2) அமெரிக்க, ஆப்ரிக்க கடற்கரைகளின் பாறை அமைப்பு பல வழிகளில் ஒரே மாதிரியாக இருக்கிறது. உதாரணமாக கடற்கரைக்கு செங்குத்து திசையில் அமைந்த மேலெழுந்த (orogenic) நிலங்கள் அதாவது மடிப்பு மலைகள் இவ்விரு கண்டங் களின் கரைகளிலும் அதிசயிக்கும் வகையில் பொருந்துகின்றன. அதுமட்டுமன்றி, பாறை அமைப்பும் (structure), பாறை வகையும் இவ்விரு கண்டங்களிலும் ஒரே மாதிரியாக இருக்கின்றன (படம் : 131).

(3) உயிரினங்களின் பரவலில் கண்டங்களுக்கிடையே சில ஒற்றுமைகள் காணப்படுகின்றன. சில குறிப்பிட்ட தாவரங்கள், பிராணிகள் தென் கண்டங்களில் கடந்த காலத்தில் பரவி யிருந்தன. தற்போதைய தென் கண்டங்களில் அதே வகையான தாவரங்கள், பிராணிகள் ஆகியவற்றின் பாசில்கள் காணப்படுவ தால் முன்பு தென் கண்டங்கள் ஒரே நிலமாக இருந்திருக்க வேண்டுமென கருதப்படுகிறது. உதாரணமாக தென் அமெரிக்கா, ஆப்ரிக்கா, இந்தியா ஆகிய பகுதிகளில் பெர்மோ-கார்பானி பெரஸ் (Permo-carboniferous) காலத்தில் தோன்றிய பாறைகளில் காணப்படும் பாசில்கள் ஒரேமாதிரியான அமைப்பைக் கொண் டுள்ளன. இதேபோல் கிளாஸோப்டெரிஸ் (Glossopteris) எனும்

தாவர வர்க்கம்; மார்சுபியால்ஸ் (Marsupials) எனும் கடல்வாழ் விலங்கினம்; ஃபிரியோடிரிலஸ் (Phereodrilus) எனும் நீர் வாழ்



படம் 131. அட்லாண்டிக் கரைகளின் ஒத்த பண்புகள்.
1. கேம்பிரியன், ஆர்டோவிசியன் பாறைகள், 2. பின் தொல்லுயிர யுகத்தின் பனியாற்றுப் படிவுகள், 3. பிரேசிலேட்ஸ் (பீடபூமி) 4. கோன்டுவானைட்ஸ் (மலைகள்) 5. முன் டிரயாசிக் காலத்தில் மேலெழுந்த பாறைகள்.

புழுவினம் ஆகியவற்றின் பரவலைப் பார்க்கும்போது முற்காலத்தில் கண்டங்கள் இணைந்திருக்க வேண்டுமென்பது புலனாகிறது.

(4) தென் துருவத்தைச் சுற்றிலும் காணப்படவேண்டிய கார்பானிபெரஸ் காலத்துப் பனியாற்றுப் படிவுகள் தற்போது தென் அமெரிக்கா, ஆப்ரிக்கா, இந்தியா, ஆஸ்திரேலியா ஆகிய பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. எனவே இந்நிலப் பகுதிகள் கார்பானிபெரஸ் காலத்தில் தென் துருவத்தைச் சுற்றி அமைந்திருக்க வேண்டும்.

(5) ஐரோப்பா, ஆசியா போன்ற முன்நிலங்களை (fore land) நோக்கி ஆப்ரிக்கா, இந்தியா போன்ற பின்நிலங்கள் (hinter land) நகர்ந்தால், இடைப் பகுதியிலிருந்த ஜியோசின்கிளைன் (geosyncline) படிவு நசுக்கப்பட்டு மடிப்பு மலைகள் தோன்றின. வெகனர் கருத்துப்படி பூமத்திய ரேகையை நோக்கிய விசையினால்

(equatorial drift) கண்டங்கள் நகர்ந்து இம்மலைகள் தோன்றியுள்ளன. மேற்கு திசையை நோக்கிய விசையினால், வட அமெரிக்காவும் தென் அமெரிக்காவும் மேற்கு நோக்கி நகர்ந்ததால் ராக்கி மலைகளும் (Rocky mountains), ஆண்டிஸ் மலைகளும் (Andes mountains) தோன்றியுள்ளன. உலகின் மடிப்பு மலைகள் எல்லாம் இரண்டாவது யுகத்திலும் (Secondary or mesozoic era) மூன்றாவது யுகத்திலும் (Tertinly Era) தோன்றியவையாகும்.

வெகனருடைய கொள்கையில் கார்பானிபெரஸ் காலத்திலிருந்து காலநிலை மண்டலங்களின் பரவல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இதைத் தவிர, மடிப்பு மலைகளின் தோற்றத்தைப் பற்றியும் இதில் விளக்கம் தரப்பட்டுள்ளது. கண்டங்கள் இடம்பெயர்ந்துள்ளன என்ற இவருடைய கொள்கை 19ஆம் நூற்றாண்டின் புவிக் கொள்கைகளிலிருந்து முற்றிலும் மாறுபட்டு விளங்குகிறது. இருப்பினும் வெகனருடைய கொள்கையை நாம் அப்படியே ஏற்றுக் கொள்வதற்கில்லை. ஏனெனில் வெகனர் தன் கொள்கையை நிலைநாட்ட வேண்டுமென்ற ஆர்வத்தில் தனக்கு சாதகமான ஆதாரங்களை மட்டுமே வைத்துக் கொண்டு மற்றவற்றைப் புறக்கணித்து விட்டார். இவருடைய கொள்கையிலுள்ள குறைபாடுகளை அவருக்குப் பின்னால் வந்த புவி அறிஞர்கள் எடுத்துக் காட்டியுள்ளார்கள். அவற்றில் முக்கியமானவை பின்வருமாறு:

(1) வெகனருடைய கொள்கையில் கண்டங்கள் நகருவதற்குக் காரணமான விசை சரிவர விளக்கப்படவில்லை. சில கண்டங்கள் மேற்கு நோக்கி நகர்ந்ததற்கு ஓத விசையே (tidal force) காரணமாயிருந்ததென்று வெகனர் கருதினார். அதனை ஏற்றுக் கொண்டாலும் இப்போதுள்ள ஓத விசையைப்போல் 10,000 மில்லியன் மடங்கு அதிக விசையுள்ளதாக இருந்தால்தான் அது கண்டங்களை நகர்த்தியிருக்க முடியும். ஆனால் இவ்வளவு விசை கொண்டதாக அது இருந்திருந்தால் புவி சுழலுவதையே அது நிறுத்தியிருக்கும். எனவே கண்டங்கள் நகர்ந்ததற்கு ஓத விசையை நாம் காரணமாக ஏற்றுக்கொள்ள முடியாது.

(2) சில கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சிக்கு பூமத்தியரேகை நோக்கிய விசை காரணமாக இருந்ததென்று வெகனர் குறிப்பிட்டார். தற்போது புவியின் கீழ்ப்படிவப் பகுதியில் (sub stratum) காணப்படும் திரவ - திடத் தன்மையைப் (viscosity) பார்க்கும்போது கண்டங்கள் அவ்வாறு நகர்ந்திருக்க முடியாது. பழங்காலத்தில் கீழ்ப்படிவப் பகுதி அதிக திரவத் தன்மையைக் கொண்டிருந்ததாக ஒப்புக்கொண்டாலும், எல்லாக் கண்டங்

களும் புவியின் சுழற்சியினுல் பூமத்தியரேகைக்கு அருகில்தான் குழுமி இருக்கும். அவ்வாறு இல்லாததால் கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சிக்கு வேறு விசைகள் காரணமாக இருக்குமென்று ஹோம்ஸ் (Holmes) கருதினுர்.

(3) சியாலினுல் ஆன கண்டங்கள் சிமாவின் மீது நகர்ந்து சென்றபோது சிமாவின் உராய்வினுல் கண்டங்களின் விளிம்பு நசுக்கப்பட்டு மடிப்புமலைகளாக உயர்ந்தன என்பது வெகன ருடைய கருத்தாகும். ஆனுல் வெகனர் குறிப்பிட்ட வட—தென் அமெரிக்கக் கண்டங்களின் மேற்கு விளிம்பிலுள்ள மடிப்புமலைகளை ஆராய்ந்தபோது அம்மலைகள் சியால் நசுங்கி மடிந்ததால் ஏற்பட்டதாகத் தெரியவில்லை. அவை கண்டங்களினிடையே காணப்பட்ட படிவுப் பாறைகள் நெருக்கப்பட்டதால் ஏற்பட் டவையேயாகும்.

(4) அட்லாண்டிக் கடற்கரையின் விளிம்புகளாகிய தென் அமெரிக்காவும், ஆப்ரிக்காவும் ஒழுங்காகப் பொருந்தி இணை கின்றன என்ற கருத்தையும் நாம் முழுமையாக ஏற்பதற்கில்லை. கிரீன்லாந்துடன் எல்லெஸ்மியர் தீவும், லாபரடாருடன் பாஃபின் தீவும் இணைகிற அளவுக்குக் கூட இவை இணையவில்லை. தென் அமெரிக்காவும், ஆப்ரிக்காவும் பார்வைக்கு இணைவதுபோலத் தோன்றினுலும் அவற்றின் விளிம்புகளில் சில மாறுதல்களைச் செய்த பின்னரே அவை பொருந்துகின்றன.

(5) வெகனருடைய கருத்துப்படி தொல்லுயிர் யுகத்தின் (Palaeozoic Era) இறுதியில்தான் பான்ஜியாவிலிருந்து கண் டங்கள் பிளவுபட்டு இடம் பெயர்ந்துள்ளன. அதற்கு முன்பாக அந்தப் பிளவு ஏன் ஏற்படவில்லை என்பதற்கு வெகனர் காரணம் காட்டவில்லை.

வெகனருடைய கொள்கையில் பல குறைபாடுகள் இருப் பினும் கண்டங்களின் இடப்பெயர்ச்சி பற்றி மற்ற புவி அறிஞர்கள் ஆழ்ந்த ஆராய்ச்சியில் ஈடுபடுவதற்கு அவருடைய கொள்கைதான் அடிப்படையாக இருந்துவருகிறது. இதன் பயனுக பல ஆண்டுகள் எதிர்ப்புக்குள்ளாகியிருந்த வெகனரின் கொள்கைக்கு ஆதரவாக தற்போது புதிய சான்றுகள் கிடைத்துள்ளன. 1950 ஆம் ஆண்டு கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சியை ஊர்திஜம் செய்யும் வகையில் இரு சான்றுகள் வெளியிடப்பட்டன. அவை பின்வருமாறு:

(1) கடலடிப் படிவுகள்

(2) பழங்கால காந்தத்தன்மை (Palaeo magnetism)

கடலடிப் படிவுகள்

கடலடி தளங்கள் அவற்றின் தொகுப்பமைப்பில் கண்டங்களினின்று முற்றிலும் மாறுபடுகின்றன என்பதை நாம் அறிவோம். கடலடி தளத்திலுள்ள பசால்ட், சுமார் 250 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பாக ஏற்பட்டதாகும். இத் தளத்தில் கிரடேஷியஸ் (Cretaceous) காலத்திற்கு முன் ஏற்பட்ட மெல்லிய படிவுகள் காணப்படுகின்றன. இது தவிர நடுக்கடலிலுள்ள நீண்ட குன்றுகளின் (Mid-Ocean Ridges) இருபுறத்திலும் அருகிலுள்ள கண்டங்களை நோக்கியவாறு கடலடிப் படிவுகள் சிதறிக் காணப்படுகின்றன. மேற்கூறிய இவ்விரு படிவுகளும் கண்டங்கள் இடம் பெயர்ந்ததால் ஏற்பட்டுள்ளன என்று புவி அறிஞர்கள் கருதுகிறார்கள்.

பழங்கால காந்தத் தன்மை

கண்டங்களின் இடப்பெயர்ச்சிக்கு இப்போது பாறைகளின் பழங்கால காந்தத்தன்மை (Palaeo magnetism) சிறந்த சான்றாகக் கூறப்படுகிறது. பழங்கால காந்தத் தன்மை ஆராய்ச்சியில் பாறைகள் ஏற்பட்ட காலத்தில் அவற்றின் காந்த மண்டலம் (magnetic field) எந்த திசையில் அமைந்திருந்தது என்பது அறியப்படுகிறது. தீப் பாறைகளோ அல்லது படிவுப் பாறைகளோ ஓரிடத்தில் முதன்முதலாக ஏற்படும்போது அவற்றிலிருக்கும் காந்தப் பொருள்கள் காந்தமண்டலம் அப்போது எந்த திசையில் அமைந்திருந்ததோ அதே திசையிலும், அதே சாய்மானத்திலும் அமைந்து இறுகிவிடுகின்றன. புவியின் காந்தத் தன்மையும், காந்ததுருவமும் (magnetic pole) கடந்த காலத்தில் மாறி வந்திருக்கின்றன. அவை எவ்வாறு மாறியிருக்கின்றன என்பதைப் பழங்கால பாறைகளிலுள்ள காந்தப் பொருள்களின் திசையிலிருந்தும், அமைப்பிலிருந்தும் அறியலாம். புவியிலுள்ள கண்டங்களின் பாறைகளிலுள்ள காந்தத்தன்மையை சமீப காலத்தில் ஆராய்ந்து பார்த்ததில் பாறைகளின் காந்த மண்டலத் திசை ஒவ்வொரு புவியமைப்பியல் காலத்திலும் (Geological time) மாறிவந்திருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. எனவே ஒவ்வொரு புவி அமைப்பியல் காலத்திலும் காந்த துருவம் எந்தெந்த இடத்தில் இருந்தது என்பதை சுலபமாக அறியலாம். 1925 ஆம் ஆண்டிலேயே பிரான்சு நாட்டைச் சார்ந்த செவாலியர் (chevallier) என்பவர் எட்னு (Etna) மலையில் காணப்படும் லாவா அடுக்கின் திசை, புவியின் காந்த மண்டலத்திற்கு இணையாக இருப்பதைக் கண்டறிந்தார். ரன்கார்ன் (Runcorn) என்பவருடைய ஆராய்ச்சியின் பயனாக காந்த துருவம் வெகுவாக இடம் பெயர்ந்திருப்பது

அண்மையில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ரன்கார்னின் கருத்துப்படி கேம்பிரியன் காலத்திற்கு முன் (Pre-cambrian) அதாவது சுமார் 600 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் வடக்கு காந்த துருவமானது வட அமெரிக்காவின் மையத்தில் அமைந்திருந்தது. பின்பு இது வட பசிபிக் கடலின் வழியாக மேற்கு நோக்கி இடம் பெயர்ந்து, அயன மண்டலங்களைக் கடந்து, ஆசிய கண்டத்தின் கிழக்கு முனையை அடைந்து, பின்பு சீனு, வடகிழக்கு ஆசியா ஆகியவற்றின் வழியாக வடதுருவத்திற்கு அருகே இடம் பெயர்ந்துள்ளது. ஆனால் கண்டங்களின் பாறைகளிலுள்ள காந்தத் தன்மையைப் பார்க்கும்போது வட காந்த துருவம் வெவ்வேறு கண்டங்களில் வெவ்வேறு திசைகளில் இடம் பெயர்ந்திருப்பது தெரியவருகிறது. எனவே ஒரே காலத்தில் ஏற்பட்ட பாறைகளிலுள்ள காந்த திசை எங்கும் ஒரேமாதிரியாக இருக்கவேண்டுமாதலால், அந்த நிலையை அடைவதற்காக கண்டங்கள் யாவும் நகர்ந்து இடம் பெயர்ந்தன. எனவே கண்டங்கள் இடம் பெயர்ந்துள்ளன என்பதற்கு பழங்கால காந்தத்தன்மை ஆராய்ச்சி புதிய சான்றுகளைத் தருகிறது.

புவி விரிவடையும் கொள்கை (The Expanding Earth)

1935 ஆம் ஆண்டு ஹாம் (Halm) என்பவர் புவியின் கன பரிமானம் விரிவடைந்து வருவதாக ஒரு கருத்தை வெளியிட்டார். புவி விரிவடைவதால் கண்டங்கள் உடைந்து விலகி இடம் பெயர்ந்தன என்பது இவருடைய கருத்தாகும். கண்டங்கள் பிரிந்து விலகும்போது கடலின் பரப்பு அதிகரித்தது. அதனுல் தான் நீர்பரப்பு அதிகமாக உள்ளது என்றும் அவர் கூறினுர். ஹாமின் கொள்கையை ஹீஸென் (Bruce C. Heezen) என்பவர் விரிவுபடுத்தி மீண்டும் வெளியிட்டார். இக்கொள்கையின் சுருக்கம் பின்வருமாறு :

(1) தொடக்க காலத்தில் புவியின் பரப்பு முழுவதும் லேசான கிரானைட் பாறையினுல் மூடப்பட்டிருந்தது. அப்போது புவி இப்போதிருப்பதைவிட சிறியதாக இருந்தது.

(2) புவி விரிவடைந்ததால் அதன் பரப்பில் விரிசல் ஏற்பட்டு புவி ஓடு பல துண்டுகளாக (கண்டங்களாக) உடைந்தது.

(3) புவி மேலும் விரிவடைந்ததால் கண்டங்களுக்கு (துண்டுகளுக்கு) இடையே உள்ள இடைவெளி பெருகத் தொடங்கியது. இந்த இடைவெளியில்தான் சமுத்திரங்கள் தோன்றின.

(4) கடலடியிலிருந்து விரிசல் வழியே பசால்ட் பாறைக் குழம்பு மேல்நோக்கி வந்ததால், விரிவடைந்த பகுதிகளில் அது நிரம்பி கடலடி தளமாக (Ocean bed) மாறியது.

(5) பசால்ட் பாறை நிரம்பி கடலின் பரப்பு அதிகரிக்க அதிகரிக்க, கண்டங்கள் மேலும் விலகி இடம் பெயர்ந்தன.

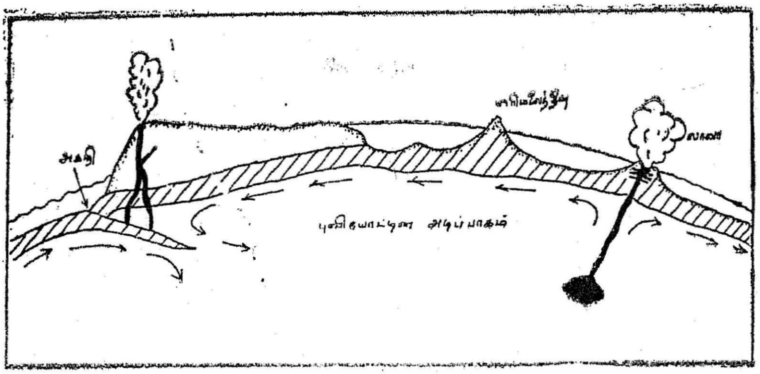
வெகனருடைய கொள்கையில் விளக்கப்படாத கடலடி தளத்தின் தோற்றம் ஹாம்-ஹீஸென் கொள்கையில் விளக்கப் பட்டிருக்கிறது. இக் கொள்கைக்கு ஆதரவாக சில சான்றுகள் தரப்பட்டுள்ளன. அட்லாண்டிக் கடலின் அடியிலுள்ள நீண்ட குன்றுகளில் வெடிப்புகள் (fissures) காணப்படுகின்றன. இவ் வெடிப்புகளின் வழியாகத்தான் பசால்ட் கடலடி தளத்திற்கு வந்திருக்க வேண்டும். மத்திய அட்லாண்டிக் நீண்ட குன்றில் (Mid-Atlantic Ridge) இவ்வெடிப்பு ஒரு பிளவு பள்ளத்தாக்காக அமைந்திருக்கிறது. இது 13 முதல் 21 கி. மீ. வரை அகலம் கொண்டதாகவும் சுமார் 1800 மீ. ஆழம் கொண்டதாகவும் காணப்படுகிறது. ஆழ்கடல் குன்றுப் பகுதியில் புவி ஓடு மிகவும் மெல்லியதாகவும், மென்மையாகவும் இருப்பதை, புவி விரிவடைந்ததற்கு சான்றாகக் குறிப்பிடுகிறார்கள். கடல் மட்டம் குறைந்து வருவதற்கும் புவி விரிவடைந்து வருவதுதான் காரணம் என்று அவர்கள் கருதுகிறார்கள். புவி விரிவடைந்ததால் கடலின் பரப்பு மட்டுமே விரிவடைந்திருக்கிறது. எனவே கடல் நீர் மட்டம் குறைந்து வருகிறது.

இக்கொள்கை கடலடி தளங்களின் தோற்றத்தையும், கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சியையும் விளக்கியபோதிலும், புவி விரிவடைந்ததற்கு காரணமான விசை எது என்பதை விளக்க வில்லை. சமீபத்தில் வெளியிடப்பட்ட கொள்கைகளின் அடிப் படையில் பார்த்தால் புவி விரிவடைகிறது என்பதை நாம் ஏற்றுக் கொள்வதற்கில்லை.

பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கை (Plate Tectonic Theory)

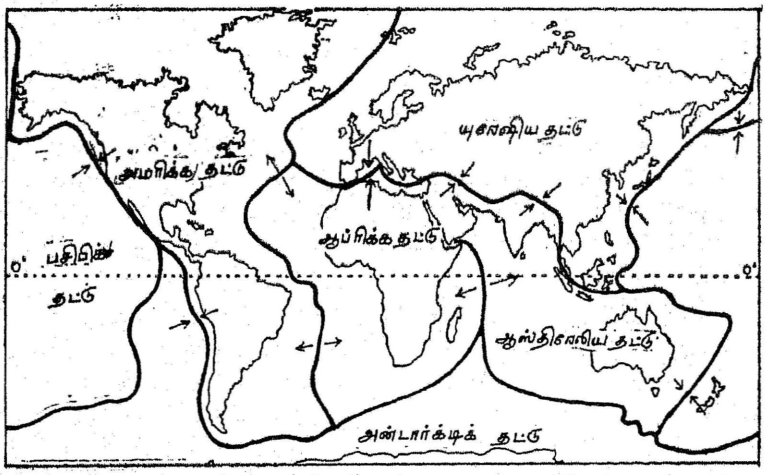
1960 ஆம் ஆண்டிற்குப் பிறகு புவியின் அகச் செய்முறை களைப் பற்றி பல புதிய விவரங்கள் சேகரிக்கப்பட்டன. இதன் விளைவாக பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கை வெளியிடப்பட்டது (படம்: 132). இதனைப் 'புவியோட்டுத் தட்டு மடங்கல் கொள்கை' எனவும் கூறலாம். பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கை கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சியையும், மடிப்பு மலைகளின் தோற்றத்தையும் விவரிக்கிறது. இக்கொள்கை, புவி விரிவடை யும் கொள்கையுடன் சில அம்சங்களில் ஒத்திருக்கிறது. ஆனால் புவி விரிவடையும் கருத்தை இக்கொள்கை புறக்கணிக்கிறது.

பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கையின் சுருக்கம் பின்வருமாறு :



படம் 132. பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கையை விளக்கும் படம்.

(1) புவி மேலோட்டில் ஆறு பெரிய உறுதியான தட்டுக்கள் இருந்தன *(படம் : 133)*. இவை புவிப் போர்வையிலுள்ள



படம் 133. புவியிலுள்ள ஆறு கடினத் தட்டுகள்.

(Mantle) வெப்பச் சலன ஓட்டங்களால் (Convection currents) உந்தப்பட்டு நகர்ந்து கொண்டிருந்தன.

(2) இவ்வாறு நகரும் தட்டுக்கள் ஆழ்கடலிலுள்ள நீண்ட குன்றுகளை விட்டு இருபுறமும் விலகிச் சென்றன. இவை விலகிய பின் ஏற்பட்ட இடைவெளியின் வழியே லாவா குழம்பு வெளிப்

பட்டதால் அந்த இடைவெளியில் அது உறைந்து பசால்ட் பாறையாக மாறியது.

(3) நகர்ந்து சென்ற இரு தட்டுக்கள் (ஏதாவது இரண்டு) எதிருக்கெதிரே மோதிக் கொண்டதால் அவற்றில் ஒன்று முறிந்து மற்றொரு தட்டுக்கு அடியில் சென்று மடங்கியது. (buckled). மடங்கிய தட்டு பின்பு புவிப் போர்வைக்குள் ஈர்க்கப்பட்டு அழுந்தியது.

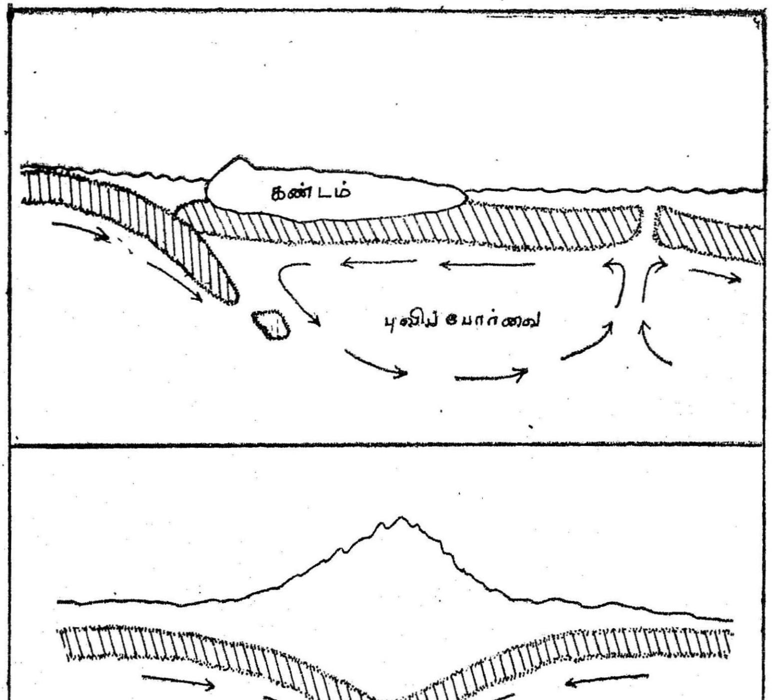
(4) மோதல் ஏற்பட்டு முறிந்த இடத்தில் (உதைப்பு தளத்தில்) ஆழ்கடல் அகழிகளும் (deep sea trenches), எரிமலைத் தீவுத் தோரணங்களும் (Volcanic island arcs), ஜியோசின் கிளைன் களும் தோன்றின.

(5) மோதல் ஏற்பட்டதால் புவியின் மேலோட்டில் ஜியோசின் கிளைன் நசுங்கி மடிப்பு மலைகள் ஏற்பட்டன (படம் : 134). முறிந்து மடிந்து புவிப் போர்வைக்குள் ஈர்க்கப்பட்ட புவி ஓடு (முறிந்த துண்டு) கிரானைட் குழம்பாக மாறி கண்டங்களின் வழியே வெளிப்பட்டது.

பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கை பல பிரச்சினைகளுக்கு விளக்கம் தருவதாக உள்ளது. கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சிக் கான காரணமும், நில அதிர்ச்சி, எரிமலை வெடித்தல் ஆகியவை சில இடங்களில் மட்டுமே ஏற்படுவதற்கான காரணமும், ஆழ் கடல் அகழிகளும், அவற்றின் தோரணம் போன்ற அமைப்பும் ஏற்படுவதற்கான காரணமும், இக்கொள்கையில் விளக்கப் பட்டிருக்கிறது. கண்டங்களில் கிரானைட்டும், கடலடியில் பசால்ட்டும் எவ்வாறு தோன்றின என்பதையும் இக்கொள்கை விளக்குகிறது.

புவி விரிவடையும் கொள்கைக்கும், பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கைக்கும் கண்டங்களின் இடப் பெயர்ச்சியைப் பொருத்த வரை சில வேறுபாடுகள் உள்ளன. முன்னதில் புவி விரிவடைந்து, விரிசல் ஏற்பட்டு அதில் பசால்ட் நிரம்பியதால் கண்டங்கள் உந்தப்பட்டு இடம் பெயர்ந்தன. பின்னதில் புவிப் போர்வை யிலுள்ள வெப்பச் சலன ஓட்டங்களினால் உந்தப்பட்டு தட்டுகள் இடம் பெயர்ந்தபோது அதிலிருந்த கண்டங்களும் இடம் பெயர்ந்தன. முன்னதில் புவி விரிவடைந்ததால் இடைவெளியில் ஏற்பட்ட வெற்றிடத்தை பசால் பாறைக் குழம்பு நிரப்பி ஈடு செய்தது. பின்னதில் புதிதாக கடலடியிலிருந்து வெளிவந்த லாவாக் குழம்பினால் ஏற்பட்ட புவி ஓட்டின் அதிகரிப்பை, புவிப் போர்வைக்குள் முறிந்து, மடங்கி, மறைந்த புவி ஓடு ஈடு செய் கிறது. எனவே புவியின் கனபரிமானம் மாறாமல் இருக்கிறது.

தற்போது புவி அறிஞர்கள் கண்டங்கள் இடம் பெயர்கின்றன என்ற கருத்தை யாதொரு ஐயமும் இல்லாமல் ஏற்றுக்



படம் 134. பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கையில் மடிப்பு மலைகளின் தோற்றம் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

கொள்கிறார்கள். கண்டங்கள் புவியோட்டுத் தட்டின் மீது நகருகின்றன என்றும், புவியோட்டுத்தட்டு மென் பாறைக் கோளத்தின் மீது (asthenosphere) நகருகிறது என்றும் அண்மைக்கால ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து தெரிய வருகிறது. கண்டங்கள் பெரும்பாலும் கடந்த 200 மில்லியன் ஆண்டுகளாகத்தான் இடம் பெயர்ந்து வருகின்றன. அதற்கு முன்பு அவை எந்நிலையில் இருந்தன என்பது இன்னும் ஆராயப்படல் வேண்டும்.

25. மலையாக்கம்
(Mountain Building)

புவியின் மேலோட்டில் கண்டப்பீடம் (Continental platform), கடலடி தளம் (Ocean floor) ஆகியவற்றுக்கு அடுத்தபடியாக முக்கிய நிலத் தோற்றங்களாகக் கருதப்படுபவை மலை, பீடபூமி, சமவெளி ஆகியவையாகும். புவியின் நிலத் தோற்றங்களுக்குக் காரணமாக புவி அசைவுகளையும், முக்கிய நிலத்தோற்றங்களையும் முன்வந்த அத்தியாயங்களில் பார்த்தோம். இப்பகுதியில் மலைகளின் வகைகளையும், அவை தோன்றும் முறைகளையும் ஆராய்வோம்.

தரை மட்டத்திலிருந்து சுமார் 300 மீட்டர்களுக்கு மேல் உயரமாக உள்ள நிலப்பகுதிகளை மலைகள் என்று அழைக்கிறோம். மலைகளை, அவற்றின் தோற்றத்தின் (origin) அடிப்படையில் நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

(1) எரிமலைகள் (volcanic mountains)

(2) எஞ்சிய மலைகள் (Residual mountains) அல்லது அரிப்பு மலைகள் (Erosional mountains)

(3) பிண்ட மலைகள் (Block mountains)

(4) மடிப்பு மலைகள் (Fold mountains)

எரிமலைகள்

புவி ஓட்டிற்குள்ளிருந்து விரிசல்களின் வழியே வெளிப்பட்ட லாவா கற்குழம்பு புவியின் மேற்பரப்பில் வந்து உறையும்போது விரிசல்கள் அடைபடுகின்றன. அப்போது புவி ஓட்டிற்குள் அழுத்தம் அதிகரிப்பதால் லாவா வானது அடைபட்ட விரிசல்களை உடைத்துக் கொண்டு வெகு விசையுடன் காற்றில் வீசியெறியப் படுகிறது. வீசியெறியப்பட்ட லாவா, எரிமலைப் பொருள்கள் சாம்பல் ஆகியவை கீழே குவிந்து படிந்து எரிமலைக் கூம்பாக (volcanic cone) உருவெடுக்கிறது. இவ்வாறு லாவா திரவமும், எரிமலைப் பொருள்களும் மாறிமாறிப் படிவதால் அங்கு அடுக்கு

குவிந்து எரிமலைகள் தோன்றுகின்றன. தனித்த மலைகளாகிய இவை வரிசையாகவோ, அல்லது குழுக்களாகவோ காணப்படுகின்றன. இவற்றின் உயரம் வெகுவாக மாறுபடுகிறது. எரிமலைகள் கடலடி தளங்களிலும், பீடபூமியிலும், சமவெளியிலும் தோன்றுகின்றன, எரிமலைகளைப்பற்றி வேறு அத்தியாயத்தில் விரிவாகக் காணலாம்.

எஞ்சிய மலைகள்

எஞ்சிய மலைகளை அரிப்பு மலைகள் எனவும் கூறலாம். பீடபூமிகளும் உயர்ந்த சமவெளிகளும் ஆறுகளால் அரிக்கப்படும் போது ஆழமான பள்ளத்தாக்குகள் உண்டாகின்றன. இப்பள்ளத்தாக்குகளுக்கு இடையேயுள்ள நிலங்கள் மலைகளாகத் தோன்றின. கொலராடோ நதியின் மலைகளை இதற்கு உதாரணமாகக் குறிப்பிடலாம். நிலப்பகுதி ஆறுகளால் அரிக்கப்படும் போது, அரிக்கப்படாமல் மீதியுள்ள இடைநிலம் மலையாக உருவாகிறது. இதற்கு உதாரணமாக கிழக்கு, மேற்கு மலைத் தொடர்களைக் குறிப்பிடலாம். இவை யாவும் எஞ்சிய மலைகள் எனப்படுகின்றன.

பிண்ட மலைகள்

பிண்ட மலைகள் புவிப்பிளவு ஏற்பட்ட பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. இழு விசையினால் புவி ஓட்டின் சில பாகங்களில் பிளவு ஏற்பட்டு அவைகளில் சில பிண்டங்கள் (blocks) கீழே சரிந்து விடுகின்றன. சரிந்துவிடும் இரு பிண்டங்களுக்கு நடுவில் சரியாமல் இருக்கிற பிண்டங்கள் மலைகளாகத் தோன்றுகின்றன. இவை பிண்ட மலைகள் எனப்படுகின்றன. விந்திய மலைகள் இவ்வகை மலைகளுக்கு உதாரணமாகும்.

மடிப்பு மலைகள்

அமுக்க விசையினால் படிவுப் பாறை அடுக்குகள் நெருக்கப் படும்போது அவை மடிந்து மடிப்பு மலைகளாக (fold mountains) மேலெழுகின்றன. எனவே, மடிப்பு மலைகள் படிவுப் பாறைகளால் ஆனவை. மடிப்பு மலைகளில் பாறை அடுக்குகள் மேல் வளைவாகவும் (anticline), கீழ் வளைவாகவும் (syncline), மாறி மாறி அமைந்துள்ளன. இவைகளில் சமசாய்வு மடிப்பு (Isoclinal fold), படிந்த மடிப்பு (recumbent), உதைப்புத்தளம் (Thrust plane), உதைப்புப் பிண்டங்கள் (nappes) ஆகியவை காணப்படுகின்றன.

புவியின் வரலாற்றில் மலையாக்கம் எல்லாக் காலத்திலும் தொடர்ந்து நிகழவில்லை. முக்கிய மலையாக்கங்களுக்கிடையே

கால இடைவெளி இருந்தது. அவையாவும் குறுகிய காலத்தில் ஏற்பட்டவையாகும். மேலும் மலையாக்கத்தினால் புவியின் சிற்சில பகுதிகளே பாதிக்கப்பட்டுள்ளன.

மலைத்தொடர் வளைவு

மடிப்பு மலைகளின் அமைப்பிலிருந்து அவை தோன்றிய விதத்தை அறியமுடிகிறது. மடிப்பு மலைத்தொடர்களை மேப்புகளில் பார்ப்போமேயானால் பெரிய மலைத்தொடர்களும், சிறிய மலைத்தொடர்களும் தோரணம்போல் வளைந்து (arcuate) இருப்பது புலனாகும். பெரிய மலைத்தொடர்களைப் போலவே சிறிய மலைத்தொடர்களும் ஒரே மாதிரியாக வளைந்துள்ளன. இம் மலைத்தொடர்கள் இவ்வாறு வளைந்திருப்பதற்கு, புவி ஓட்டிலுள்ள கேடயம் போன்ற கடினப் பாறைப் பிண்டத்தின் (Massif) அமுக்க விசையே காரணம் என்று சொல்லப்படுகிறது. உலகில் மடிப்பு மலைகள் தோன்றிய பகுதிகளின் இருபுறமும் இத்தகைய உறுதியான கேடயங்கள் காணப்படுகின்றன. உதாரணமாக ஐரோப்பாவிலுள்ள ஆல்பைன் மடிப்பு மலைகள் பிரான்சின் மத்திய பிண்டம் (Massif central of Frace), செக் பிண்டம் (Czech Massif), வோஸ்ஜஸ் (Vosges), கருப்புக்காடு (Black Forest) ஆகியவற்றால் உந்தப்பட்டு பலவாறாக வளைந்துள்ளன. இதே போல் கிழக்கு ஐரோப்பாவிலுள்ள கார்பேதியன் (Carpathian) மலைத்தொடரும் செக் பிண்டம், ரஷ்ய பீடம் (Russian Platform) ஆகியவற்றால் உந்தப்பட்டு வளைந்திருக்கிறது.

முன்நிலமும் பின்நிலமும் (Fore land and Hinter land)

படிவுப் பாறைகளின் இருபுறமும் உறுதியான கேடயங்கள் இருந்தால்தான் பாறைப் படிவுகள் அமுக்கப்பட்டு மடிப்புகள் தோன்றும். மலையாக்கத்தின் போது பாறைப் படிவுகள் உறுதியான இக் கேடயங்களுக்கிடையே, நெருக்கப்படும் போது ஒரு கேடயம் மடிந்து ஒரு பக்கமாக அடியில் சொருகிக் கொள்கிறது. இவ்வாறு சொருகிக் கொள்ளும் கேடயத்தை முன் நிலம் (Fore land) என்றும் இதற்கு எதிராக இதனை நோக்கி நகரும் கேடயத்தைப் பின்நிலம் (Hinter land) என்றும் அழைக்கிறோம். எனவே பின்நிலத்திற்கு அடியில் முன்நிலம் சொருகிக் காணப்படு

படம் 135. ஆசிய முன்நிலமும் ஆப்ரிக்க பின்நிலமும்.

கிறது. இதில் பின்நிலம் நகரும் திசைக்கு ஏற்ப மலைத்தொடரில் வளைவு ஏற்படுகிறது. உதாரணமாக மத்திய ஆசிய முன் நிலத்தை நோக்கி தக்கண பீடபூமி நகர்ந்ததால் இமய மலைத் தொடர் வடக்குநோக்கி வளைந்துள்ளது. இதேபோல் ஐரோப்பிய முன்நிலத்தை நோக்கி ஆப்ரிக்க பின்நிலம் நகர்ந்ததால் ஆல்ப்ஸ் மலைத்தொடர் வடக்கு நோக்கி வளைந்துள்ளது (படம் : 135).

ஜியோசின்கிளைன் (Geosyncline)

படிவுப் பாறைகள் அமுக்கப்பட்டு நெருக்கப்படுவதால் மடிப்பு மலைகள் தோன்றுகின்றன என்பதை சற்று முன் பார்த்தோம். மடிப்பு மலைகளாக மாறியிருக்கும் இப்படிவுப் பாறைகள் அசாதாரணமான தடிப்பு கொண்டவையாக இருக்கின்றன. சென்ற நூற்றாண்டில் அப்பலேச்சியன் மலைத்தொடரை ஆராய்ந்த ரோகர்ஸ் (Rogers) சகோதரர்கள் அங்குள்ள படிவுப் பாறைகளின் கனம் சுமார் 12000 மீ. வரை இருப்பதாகக் கணக்கிட்டனர். இதே பகுதியை ஆராய்ந்த ஜேம்ஸ் ஹால் (James Hall) என்ற புவி அறிஞர், அப்பலேச்சியன் மலைத்தொடருக்கு மேற்குப் பகுதியில் படிவுப் பாறைகளின் தடிப்பு சில நூறு மீட்டர்களாக இருக்கும்போது, கிழக்குப் பகுதியில் மட்டும் அவை 12000 மீ. வரை தடித்துக் கொண்டு செல்வதைக் கண்டறிந்தார்கள். அத்துடனில்லாமல் மேற்கே சமநிலமாக இருக்கும் இவை கிழக்கில் வெகுவாக மடிந்து இருப்பதை அவர்கள் உணர்ந்தார்கள். படிவுப் பாறைகள் மடிந்து அதிக கனமடைவதற்கான காரணத்தை பின்பு பார்ப்போம்.

ஆல்ப்ஸ் மலைகளை ஆராய்ந்த வின்சி (Leonardo da Vinci) என்ற புவியறிஞர் ஆல்ப்ஸ் சிகரங்களில் கடல் பாசில்கள் இருப்பதைக் கண்டார். இவை ஆழம் குறைந்த கடலில் வாழும் உயிரினங்களின் பாசில்களாகும். எனவே மடிப்பு மலைகளாக மாறியிருக்கும் படிவுப் பாறைகள் ஆழம் குறைந்த கடலில் தோன்றியவை என்பது புலனாகிறது. இனி இப்படிவுகள் எவ்வாறு தோன்றின என்பதைப் பார்ப்போம். படிவுப் பாறைகள் யாவும் நிலத்திலிருந்து ஆறுகளால் அரிக்கப்பட்ட பொருள்கள் படிவதால் தோன்றுபவையாகும். மடிப்பு மலைகளாக மாறியிருக்கும் படிவுப் பாறைகளும் இத்தகைய படிவுகளால் ஏற்பட்டவையே. அருகிலுள்ள கண்டங்களிலிருந்து அரிக்கப்பட்ட பாறைப் பொருள்கள் கடலின் நீண்ட குறுகிய பள்ளங்களில் (trough) படிந்தன. இந்த நீண்ட பள்ளமே ஜியோசின்கிளைன் (Geosyncline) எனப்படுகிறது. ஜியோசின்கிளைன் என்ற பதத்தை 1873 ஆம் ஆண்டில் டானா என்ற புவியறிஞர் முதன் முதலாகப் பயன்படுத்தினார்.

டெர்ஷியரி கால தொடக்கத்தில் காணப்பட்ட டெதிஸ் (Tethys) கடல் ஒரு ஜியோசின்கிளைனாக விளங்கியது.

ஜியோசின்கிளைனிலுள்ள படிவுகள் அமுக்க விசையினால் பக்கங்களில் நெருக்கப்படுவதால் அவை மடிந்து மேலெழுந்து மடிப்பு மலைகளாகின்றன. டெதிஸ் ஜியோசின்கிளைனிலிருந்த படிவுகள் நெருக்கப்பட்டதால்தான் ஆல்ப்ஸ் இமயமலைத் தொடர்கள் தோன்றியுள்ளன. எனவே மடிப்பு மலைகள் தோன்று வதற்கு ஜியோசின்கிளைகள் இருப்பது அவசியமாகிறது. தற் போதுள்ள மத்தியதரைக்கடலும், சிந்து-கங்கைச் சமவெளியும் எதிர்காலத்தில் ஜியோசின்கிளைன்களாக மாறுவதற்கு வாய்ப்பிருக் கிறது. இங்குள்ள படிவுகள் இப்போதே சுமார் 1200 மீ.க்கு மேல் தடிப்பு கொண்டதாக இருக்கின்றன,

இப்போது ஜியோசின்கிளைனிலுள்ள படிவுகளின் தடிப்பு மிக அதிகமாக இருப்பதற்கான காரணத்தை ஆராய்வோம். ஜியோசின்கிளைனிலுள்ள படிவுகள் அமுக்க விசையினால் பக்கங் களில் நெருக்கப்படுவதோடல்லாமல் கீழ் நோக்கியும் அழுத்தப் படுகின்றன. எனவே படிவுகள் வெகு ஆழம்வரை அழுந்தி காணப்படுகின்றன. இவற்றை மடிப்பு மலைகளின் வேர்கள் (roots) என்று சொல்வர். படிவுகள் கனமுள்ளதாக இருப்பதற்கு இன்னொரு காரணமும் உள்ளது. அதாவது ஜியோசின்கிளைனில் படிவுகள் தொடர்ந்து படிந்து கொண்டிருக்கும்போதே, ஜியோசின் கிளைன் கீழ்நோக்கி வளைந்து செல்வதால் (down warping) அதன் ஆழம் அதிகரித்து அதிகமான படிவுகள் அதில் படிய நேரிடுகிறது. எனவே படிவுகளின் தடிப்பு இங்கு மிக அதிகமாக உள்ளது.

ஜியோசின்கிளைன் பள்ளங்கள் புவி அசைவினால் ஏற்படு கின்றன. புவி ஓட்டிலுள்ள பாறைகள் இழுவிசையினாலோ அல்லது கீழ்நோக்கி அழுந்தியதாலோ இவை தோன்றுகின்றன. ஜியோசின்கிளைன் பள்ளங்கள் மிகவும் மெதுவாக கீழ்நோக்கி அழுந்துவதால் அவற்றில் தோன்றும் படிவுகளும் அதே வேகத்தில் படிகின்றன. அப்பலேச்சியன் மடிப்பு மலையில் காணப்படும் 12000 மீ. தடிப்புள்ள படிவுப் பாறைகள் சுமார் 300,000,000 ஆண்டுகளாக (கேம்பிரியனிலிருந்து பெர்மியன் காலம் வரை) ஏற்பட்டவை என்று கணிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த வீதத்தில் இங்கு ஒரு 1 மீ. தடிப்புள்ள படிவு ஏற்படுவதற்கு சுமார் 22500 ஆண்டுகள் ஆகியிருக்கின்றன.

ஜியோசின்கிளைன் ஆழமாகி வருவது குறித்து பல கருத்துக்கள் நிலவி வருகின்றன. ஜியோசின்கிளைன் கீழ்நோக்கி அழுந்தி ஆழ

மடைவதற்கு, அவற்றில் படியும் படிவுகளின் எடையே காரணம் என்று சிலர் கருதுகிறார்கள். இக்கருத்துக்கு சான்றாக அவர்கள் சமநிலைத் தன்மைக் கொள்கையை சுட்டிக் காட்டுகிறார்கள். படிவுகளின் எடையால் ஜீயோசின்கிளைன் கீழ்நோக்கி அழுந்தும் போது வேறொரு பகுதியில் நிலப்பகுதி மேல்நோக்கி எழுகிறது.

ஹோம்ஸ் (Holmes) என்ற புவி அறிஞர் ஜீயோசின்கிளைன் ஆழமாவதற்கு புவிப் போர்வையிலுள்ள வெப்பச் சலன ஓட்டங்களே (Convection currents) காரணம் என்று கருதுகிறார். புவிப் போர்வையிலுள்ள கீழ்நோக்கிக் குவிந்து செல்லும் (Converging) வெப்பச் சலன ஓட்டங்களால் ஜீயோசின்கிளைன் நெருக்கப் படுவதோடு ஆழப்படவும் செய்கிறது. ஹோம்ஸ் கொள்கை பிற்பகுதியில் விரிவாகத் தரப்பட்டுள்ளது.

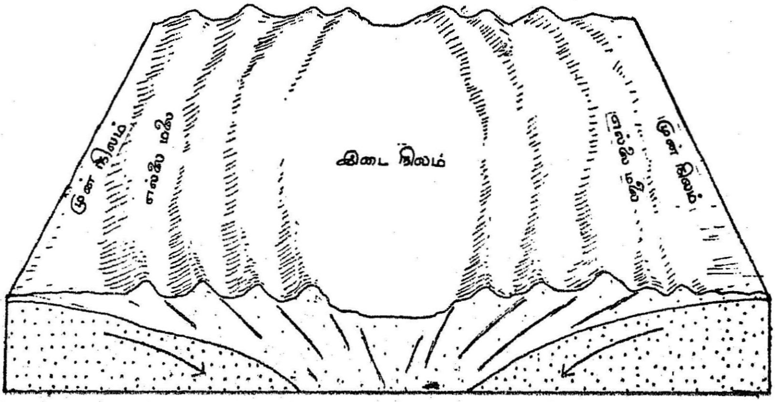
ஜீயோசின்கிளைன் காணப்படும் பகுதியில் புவி ஓடு கீழ்நோக்கி வளைவதால் அதில் விரிசல்களும் பிளவுகளும் ஏற்படுகின்றன. இவ்விரிசல்களின் வழியே சில சமயம் மாக்மா கற்குழம்பு வெளியேறுவதால் ஜீயோசின்கிளைன் படிவுகளில் மணற்பாறை (Sand stone) களிமண் பாறை (Clay) இவற்றோடு லாவா பாறை அடுக்கும் காணப்படுகிறது.

இடை நிலம் (Median Mass)

மலையாக்கத்தின்போது படிவுப் பாறைகள் உறுதியான பீடங்களுக்கிடையே நெருக்கப்படும்போது ஒரு கேடயம் மடிந்து ஒரு பக்கமாக பின்நிலத்திற்கு அடியில் சொருகிக் கொள்கிறது. இது முன்நிலம் எனப்படும். ஜீயோசின்கிளைன்களில் பெரும்பாலும் இரண்டு முன் நிலங்கள் காணப்படுகின்றன. கடலோரங்களிலுள்ள ஜீயோசின்கிளைன்களில் கடலடிதளம் ஒரு முன் நிலமாக விளங்குகிறது. இரண்டு முன் நிலங்களால் ஜியோசின்கிளைன் நெருக்கப்படும்போது ஜீயோசின்கிளைனின் இரு விளிம்புகளிலும் மடிபபு மலைகள் தோன்றுகின்றன. இவை எல்லை மலைத் தொடர்கள் (Border Ranges) எனப்படுகின்றன (படம் : 136). எல்லை மலைத் தொடர்களுக்கு இடையிலுள்ள நிலம் இடை நிலம் (Median Mass) எனப்படுகிறது. இது மடிப்புகளற்று சம நிலமாக காட்சியளிக்கிறது.

எல்லை மலைத் தொடர்களும், இடை நிலமும் ஆல்பைன் மலையாக்கத்தில் காணப்படுகின்றன. ஆல்பைன்-இமாலய மலைத் தொடர்கள், மேற்கே ஜிப்ரால்டரிலிருந்து (Gibralter) கிழக்கே

கிழக்கிந்திய தீவுகள் வரை வியாபித்திருக்கின்றன. யுரேஷிய முன் நிலத்திற்கும், ஆப்ரிக்க-இந்திய முன் நிலத்திற்கும் இடையில் அமைந்த இம்மலையாக்கத்தில் மத்தியதரைக்கடல் ஹங்கேரி



படம் 136. இடை நிலமும் எல்லை மலைகளும்.

சமவெளி, திபெத் பீடபூமி ஆகியவை அடங்கிய பகுதி இடை நிலமாக விளங்குகிறது. இதன் வடக்கு விளிம்பில் பிரன்னிஸ், (Pyrennes), ஆல்ப்ஸ் (Alps), கார்பேத்தியன் (Carpathian), காகஸஸ், (Caucasus) போன்ற எல்லை மலைகளும், தெற்கு விளிம்பில் அட்லாஸ் (Atlas), டாரிக் (Tauric), இமாலயா போன்ற எல்லை மலைகளும் காணப்படுகின்றன.

மலையாக்கம் பற்றிய கொள்கைகள்

உறுதியான கேடயங்கள் ஒன்றையொன்று நெருங்குவதால் படிவுப் பாறைகள் (ஜியோசின்கிளைன்கள்) அமுக்கப்பட்டு மடிப்பு மலைகள் தோன்றுகின்றன என்பதை ஏற்கனவே பார்த்தோம். இக்கேடயங்கள் எவ்வாறு ஒன்றையொன்று நெருங்கி நகர்கின்றன என்பதையும், படிவுகள் எவ்வாறு நெருக்கப்பட்டு மடிப்பு மலைகளாகின்றன என்பதையும் இப்பகுதியில் பார்ப்போம். மலைகள் தோன்றுதவற்கு புவி அசைவுகள் அவசியம் என்பதை நாம் அறிவோம். எனவே மலையாக்கத்தை விளக்குகிற கொள்கைகளில் புவி அசைவின் தோற்றம் முக்கியமாக விளக்கப்படுகிறது. மலையாக்கம் பற்றிய சில முக்கிய கொள்கைகளை இப்போது பார்ப்போம்.

(1) புவி குளிர்ந்து சுருங்கும் கொள்கை
(The Thermal contraction Theory)

இக்கொள்கையை வெளியிட்டவர் ஜெஃப்ரிஸ் (Jeffreys) ஆவார். இதன் சுருக்கம் பின்வருமாறு :

1. வாயுக்கோளத்திலிருந்து தோன்றிய புவி குளிர்ச்சியடைந்தபோது அதன் மேலோடு (crust) அதிவேகமாக சுருங்கியது. புவியின் மையப் பகுதியில் வெப்பக்கதிர் வீச்சினால் வெப்பம் வெளியேறியதால் மையப் பகுதியில் வெப்பம் அவ்வாறு குறையவில்லை. எனவே மையப்பகுதி அதிவேகமாக சுருங்கவில்லை.

2. மேலடுக்கு அதிவேகமாக சுருங்கியபோது கீழ் அடுக்கு (மையப்பகுதியைச் சுற்றியுள்ள அடுக்கு) மெதுவாக சுருங்கியதால் மேலடுக்கு மேலும் சுருங்குவதற்கு அடிப்பாகத்தில் இடம் இல்லாமல் போனது. எனவே கீழ்நோக்கி சுருங்குவதற்கு முடியாத நிலையில் மேலடுக்கு பக்கங்களில் பரவி மெல்லியதாகியது.

3. முழுவதும் குளிர்ந்து சுருங்கிய பின்பு மேலடுக்கு அதற்கு மேல் சுருங்க முடியாத ஒரு நிலையை அடைந்தது. ஆனால் கீழ் அடுக்கு மெதுவாக சுருங்கியதால் அது சிறியதாகி மேலடுக்கை விட்டு பிரிந்தது.

4. அப்போது மேலடுக்கு கீழ் அடுக்கில் பொருந்த முடியாமல் பெரியதாக இருந்தது. சுருங்கி விட்ட கீழ் அடுக்கில் மேல் அடுக்கு பொருந்தவேண்டுமாதலாலும், புவியீர்ப்பு விசையினால் அது வலிமையுடன் ஈர்க்கப்பட்டதாலும் மேலடுக்கில் அழுத்தம் ஏற்பட்டது.

5. மேலடுக்கில் அழுத்தம் ஏற்பட்ட போது அதில் மடிப்புகளும், பிளவுகளும் தோன்றின. உலர்ந்த ஒரு ஆப்பிள் பழத்தின் மேற்புறத்தில் ஏற்படும் சுருக்கங்களை அவை ஒத்திருந்தன. இந்த அழுத்தத்தினால்தான் புவியோட்டில் அசைவு ஏற்பட்டு மலையாக்கம் ஏற்பட்டது.

6. மேலோட்டிலுள்ள இவ்வழுத்தம் குறைந்தால் மீண்டும் அது ஏற்படும் வரை மலையாக்கம் ஏற்படுவதில்லை. எனவேதான் புவியின் ஒவ்வொரு மலையாக்கத்திற்கும் இடையே கால இடைவெளி உள்ளது. புவியின் வரலாற்றில் குறிப்பிட்ட காலத்தில் மட்டுமே மலைகள் தோன்றியதற்கு இதுவே காரணமாகும்.

ஜெஃப்ரியின் கணக்குப்படி புவி தோன்றியதிலிருந்து அதன் 400 கி.மீ. ஆழம் வரையிலுள்ள பகுதியில் சுமார் 500°C வீதம் வெப்பம் குறைந்துள்ளது. இவ்வீதத்தில் அது குளிர்ந்து வந்தால் அது அதன்ஆரத்தில் 20 கி.மீ. அல்லது சுற்றளவில் 130 கி.மீ. குறைந்து விடுமென அவர் குறிப்பிட்டுள்ளார்.

புவி குளிர்ந்து சுருங்கும் கொள்கையை நாம் முழுமையாக ஏற்றுக் கொள்வதில்லை. புவி குளிர்ச்சியடைந்து சுருங்குவதால் மலைகள் தோன்றுமெனில் புவியின் எல்லா பாகங்களிலும் மலைகள் காணப்படவேண்டும். ஆனால், அவை அவ்வாறில்லாமல் சில பகுதிகளில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. ஜெஃப்ரிஸ் இதை சரிவர விளக்கவில்லை. புவியோட்டில் ஏற்படும் அழுத்தத்தை புவி எந்த அளவு வரை அனுமதிக்கும் என்பதையும் அவர் குறிப் பிடவில்லை. புவியிலுள்ள எல்லா பொருள்களும் குளிர்ச்சி யடைவதனால் மட்டும் சுருங்குவதில்லை. உதாரணமாக கண்ணாடிப் பாறைகள் (glassy rocks) படிகமாகும்போதும் சுருங்குகின்றன. இதேபோல் சில பாறைகளில் வாயுவும், நீரும் வெளிப்படும் போது சுருங்குகின்றன.

(2) புவியின் சுழற்சிக் கொள்கை (Earth's Rotation Theory)

இக்கொள்கையின்படி ஆழம் குறைந்த கடலில் தோன்றும் ஓதம் அல்லது ஏற்றவற்றத்தின் (tides) உராய்வினால் புவியின் சுழலும் வேகம் குறைகிறது. அப்போது புவி சிறிதளவு சுருங்கு வதால் புவியோட்டில் மலைகளும், பிளவுகளும் தோன்றுகின்றன.

(3) சமநிலைத் தன்மையை நிலை நாட்டல் (Isostatic Readjustment)

சில அமெரிக்க புவி உருவவியல், அறிஞர்கள் புவியின் சமநிலைத் தன்மையினால் மலைகளும் கண்டங்களும் தோன்றியிருப்பதாகக் கருதுகின்றனர். நிலப்பகுதி ஆறுகளால் அரிக்கப்பட்டு அவற்றால் கடத்தப்பட்ட பொருள்கள் வேறு இடத்தில் படிகின்றன. அரிக்கப்பட்ட இடத்தில் எடை குறைந்தும், படிவு ஏற்பட்ட இடத்தில் எடை அதிகரித்தும் காணப்படுகிறது. எடை குறைந்த பகுதியில் நிலம் மேல் நோக்கி எழுவதால் மலைகளும், எடை அதிகரித்த பகுதியில் நிலம் கீழ் நோக்கிச் செல்வதால் பள்ளங் களும் தோன்றியுள்ளன.

(4) அனல் சக்கரக் கொள்கை (Thermal Cycle Theory)

இக்கொள்கையை ஜாலி (Joly) என்பவர் வெளியிட்டார். இவர் கருத்தின்படி, புவியோட்டின் கீழ் அடுக்குகள் குளிர்ந்து

சுருங்கும்போது அதிலுள்ள கடல்டித் தளங்கள் கண்டங்களின் விளிம்பில் மோதி அழுந்துவதால் பாறைகள் நெருக்கப்பட்டு மலைகள் தோன்றுகின்றன. அவர் தன் கொள்கைக்கு சான்ருக பசிபிக் கடலோரமுள்ள மலைத் தொடர்களை எடுத்துக் காட்டினுர். ஆனுல் அட்லாண்டிக் கடலோரத்தில் அத்தகைய மலைகளைக் காண முடியாததற்கு அவர் விளக்கம் தரவில்லை.

(5) கண்டங்களின் இடப்பெயர்ச்சி (Continental Drift Theory)

வெகனரின் கண்டங்களின் இடப்பெயர்ச்சிக் கொள்கையில் கண்டங்கள் இடம் பெயரும் போது அவை கடலடி தளத்தில் உராய்ந்ததால் அவற்றின் விளிம்புகளிலிருந்த பாறைகள் நெருக்கப்பட்டு மலைகளாக மாறின என்று கூறப்படுகிறது. அமெரிக்காவின் மேற்கிலுள்ள மலைத்தொடர் இதற்கு உதாரண மாக கூறப்பட்டுள்ளது.

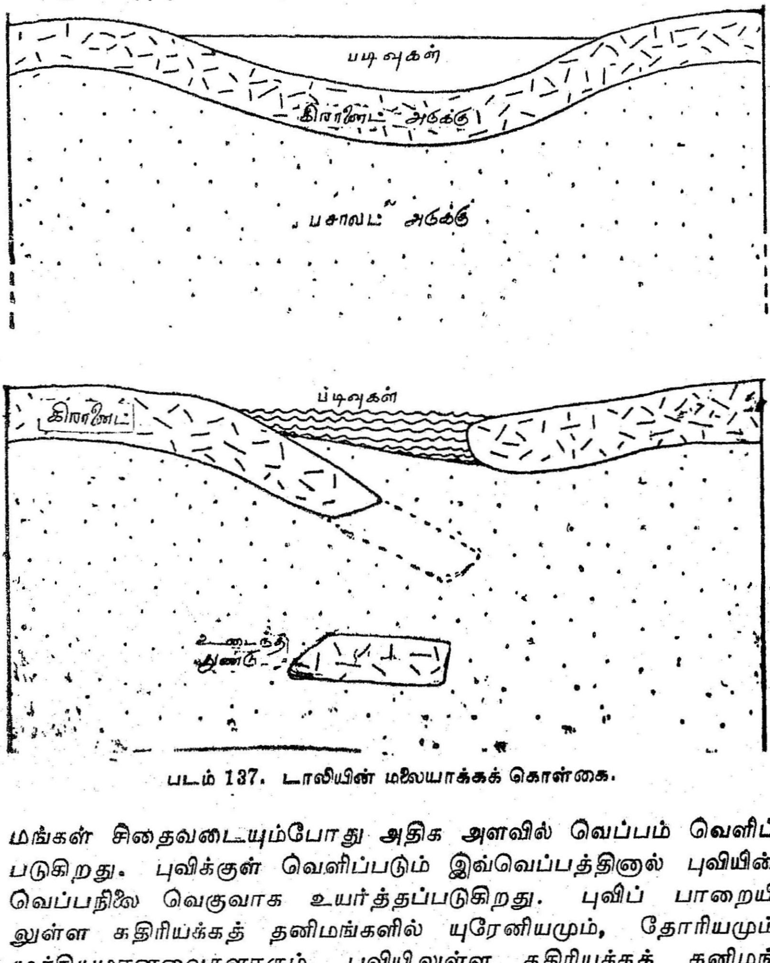
(6) சியால் அடுக்கு உடைதல் (Breaking of Sial Crust)

இக்கொள்கையை டாலி (Daly) என்பவர் வெளியிட்டார். கண்டங்கள் நகரும்போது அவற்றின் விளிம்புகள் நெருக்கப்படுவ தால் மலைகள் தோன்றுகின்றன என்பதை இவர் ஒப்பு கொள்வ தால் கண்டங்கள் நகருவதற்கு காரணமான ஒரு சூழ்நிலையை இவர் விவரித்துள்ளார் (படம்: 137). புவி ஓட்டில் சியால் அடுக்கில் பெரிய பள்ளங்களும், வளைவுகளும் இருந்ததாக இவர் கற்பனை செய்து கொண்டார். இந்த சியால் அடுக்கு உடைந்து அதில் ஒரு துண்டு கீழ்நோக்கி பசால்ட் அடுக்கில் அழுந்தி மறைந்தது. எனவே மீதமுள்ள சியால் அடுக்கு ஊன்றுதல் இல்லாமையால் பசால்ட் பாறையின்மேல் சரிந்து சென்றது. அப்போது ஜியோசின்கிளைன் படிவுகள் நசுக்கப்பட்டு மடிப்பு மலைகள் தோன்றின.

(7) வெப்பச்சலன ஓட்டக் கொள்கை (Convection Current Theory)

வெப்பச் சலன ஓட்டக் கொள்கையை வெளியிட்டவர் பேராசிரியர் ஹோம்ஸ் (Holmes) ஆவார். இக்கொள்கையை அறியும் முன் புவியின் வெப்ப நிலையைத் தெரிந்து கொள்ளுதல் அவசியமாகும். புவியின் மேற்பரப்பிலிருந்து உள்ளே செல்லச் செல்ல 32 மீட்டருக்கு 1°C வீதம் வெப்பம் அதிகரித்து காணப் படுகிறது. கெல்வின், ஜெஃப்ரிஸ் போன்றவர்கள் புவியின் பரப்பிலிருந்து வெப்பம் வெளியேற்றப்படுவதால் அது மெதுவாக குளிர்ச்சியடைந்து வருவதாகக் கருதினர். புவியின் மேற்பரப்பில் வெப்பம் வெளியேறும்போது உட் பகுதியில் கதிரியக்கத்தினுல்

வெப்பம் உண்டாக்கப்படுவதை சமீபத்தில்தான் புவி அறிஞர்கள் கண்டு பிடித்தனர். புவிப் பாறையிலுள்ள கதிரியக்கத் தனி

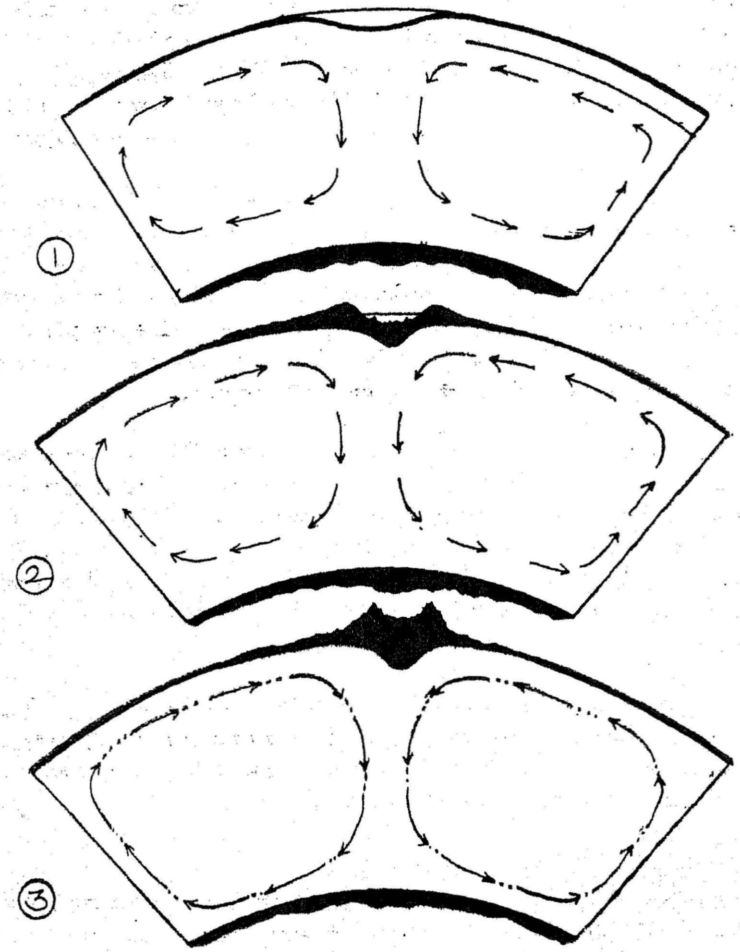


படம் 137. டாலியின் மலையாக்கக் கொள்கை.

மங்கள் சிதைவடையும்போது அதிக அளவில் வெப்பம் வெளிப் படுகிறது. புவிக்குள் வெளிப்படும் இவ்வெப்பத்தினால் புவியின் வெப்பநிலை வெகுவாக உயர்த்தப்படுகிறது. புவிப் பாறையி லுள்ள கதிரியக்கத் தனிமங்களில் யுரேனியமும், தோரியமும் முக்கியமானவைகளாகும். புவியிலுள்ள கதிரியக்கத் தனிமங் களின் மொத்த அளவு தெரியாததால், கதிரியக்க வெப்பத்தின் அளவை நம்மால் கணக்கிட முடியாது. எனினும், புவியின் மேற்பரப்பில் வெளியேறும் வெப்பமும் உட்பகுதியில் தோன்றும் கதிரியக்க வெப்பமும் சம அளவில் இருக்கவேண்டுமென கருதப் படுகிறது.

கதிரியக்க வெப்பத்தை நினைவில் கொண்டு வெப்பச்சலன ஓட்டக் கொள்கையைப் பார்ப்போம். மலையாக்கத்திற்கு முன்பு

ஜீயோசின்கிளைன் பள்ளங்கள் இருத்தல் வேண்டுமென்று முன் பகுதிகளில் பார்த்தோம். ஹோம்ஸின் கொள்கையின்படி புவியின் கீழ்ப் படிவப் பகுதிகளில் காணப்படும் வெப்பச்சலன ஓட்டங்கள்தான் புவியோட்டில் ஜீயோசின்கிளைன் பள்ளங்கள் தோன்றுவதற்கு காரணமாய் உள்ளன. இவ் வெப்பச்சலன ஓட்டங்கள் கதிரியக்க வெப்பத்தினுல் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. கீழ்ப்படிவப் பகுதியில் ஓரிடத்தில் கதிரியக்க வெப்பம் மிகுதியாக வெளிப்படும்போது அது



படம் 138. ஹோம்ஸின் வெப்பச் சலன ஓட்டக் கொள்கை.

வெப்பம் குறைந்த பகுதிக்கு மெதுவாக கடத்தப்படுகிறது (படம்: 138). பாறைகள் வெப்பத்தை அரிதில் கடத்துவதால்

வெப்பம் பக்கங்களில் பரவாமல் மேல்நோக்கி பரவுகிறது. இவ்வாறு வெப்பம் மிகுந்த பகுதிகளிலிருந்து வெப்பம் குறைந்த பகுதிகளுக்கு மேல் நோக்கி கடத்தப்படும்போது வெப்பச்சலன சுற்றோட்டங்கள் தோன்றுகின்றன. இவை வளிமண்டல காற்றின் சுற்றோட்டத்தை ஒத்துள்ளன. புவியோட்டின் கீழ்ப்பகுதியில் இரண்டு வெப்பச்சலன ஓட்டங்கள் கிடையாகப் பிரிந்து செல்லும் போது புவி ஓட்டில் இழு விசையும் கிடையாகக் கூடும்போது அமுக்க விசையும் ஏற்படுகின்றன. எனவே கிடையாகக் கூடும் வெப்பச்சலன ஓட்டங்களினால் புவி ஓட்டில் அமுக்கம் ஏற்பட்டு அது கீழ்நோக்கி வளைவதால் ஜீயோசின்கிளைன் தோன்றுகிறது. இவ்வோட்டங்களால் ஜீயோசின்கிளைன் மேலும் அமுக்கப்பட்டு அதிலுள்ள படிவுகள் நெருக்கப்பட்டு மடிப்பு மலைகளாகின்றன.

கிடையாகப் பிரிந்துசெல்லும் வெப்பச்சலன ஓட்டங்களால் புவி ஓட்டில் இழுவிசை ஏற்பட்டு கடலடிக் கொப்பரைகள் (Ocean basin) தோன்றுகின்றன. இவ்வோட்டங்கள் வெப்பம் மிகுந்த பகுதியிலிருந்து மேல்நோக்கி வந்து பிரிவதால்தான் புவி ஓட்டின் கீழ்ப்பகுதியில் பாறைகள் இளகி பசால்ட் கற்குழம்பாக மாறுகின்றன. இக் கற்குழம்பின் செய்கையால்தான் கடலடிக் கொப்பரைகளில் எரிமலைகள் காணப்படுகின்றன.

பூமத்திய ரேகைக்கு கீழே புவிப் போர்வையில் வெப்பச்சலன ஓட்டங்கள் மேல் நோக்கி வந்து பிரிகின்றன என்றும், துருவங்களுக்கு கீழே கீழ்நோக்கி குவிந்து செல்கின்றன என்று ஹோம்ஸ் கருதினார். வெப்பம் வெளியேறுவதைக் கண்டங்கள் தடுப்பதால், கண்டங்களுக்கு கீழே வெப்பம் சேர்ந்து அங்கு வெப்பச்சலன ஓட்டங்கள் மேல் நோக்கிச் செல்கின்றன என்றும் அவர் குறிப்பிட்டார்.

ஹோம்ஸின் இக் கொள்கையில் மலையாக்கத்தைப் பற்றியும், கடலடிக் கொப்பரையைப் பற்றியும் விளக்கம் தரப்பட்டுள்ளது. ஆனால் மலைத்தொடர்கள் தோரணம்போல் வளைந்து காணப்படுவதற்கான காரணம் விளக்கப்படவில்லை.

(8) பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கை

மலையாக்கத்தை விளக்கும் அண்மைக்கால கொள்கைகளில் பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கையும் ஒன்றாகும். புவியோட்டில் ஜீயோசின்கிளைன் தோன்றுவதற்கு வெப்பச்சலன ஓட்டங்களே காரணம் என்ற ஹோம்ஸ் கொள்கையினின்று இது சற்று மாறுபடுகிறது. பிளேட் டெக்டானிக் கொள்கையின்படி புவியோட்டி

லுள்ள கெட்டியான சில பிண்டங்கள் வெப்பச்சலன ஓட்டங்களினால் உந்தப்பட்டு விலகிச் சென்றன. இத்தகைய இரு பிண்டங்கள் ஒன்றோடொன்று மோதிக்கொண்டதால் ஒரு பிண்டம் முறிந்து மற்றொரு பிண்டத்தின் அடியில் சென்று மடிந்தது. மோதல் ஏற்பட்ட பகுதியில் ஜீயோசின்கிளைன் பள்ளம் ஏற்பட்டு பின்பு அதிலுள்ள படிவுகள் நெருக்கப்பட்டு மலைகள் தோன்றின. மலைத்தொடர்கள் வளைந்து தோரணம் போல் காணப்படுவதற்கு கெட்டியான பகுதிகளின் மோதலே காரணம் என கூறப்படுகிறது. இக் கொள்கையின் பிற விவரங்கள் கண்டங்களின் இடப்பெயர்ச்சி அத்தியாயத்தில் தரப்பட்டுள்ளது.

26. எரிமலைகள்
(Valcanoes)

புவியின் உட்பகுதியிலிருந்து மாக்மா, வாயு, திடப்பொருள் ஆகியவை வெளியேறுவதை எரிமலைச் செய்கை (Vulcanism) அல்லது கற்குழம்பு செய்கை என்கிறோம். எரிமலை என்பது புவியினுள்ளே காணப்படும் இளகின கற்குழம்பு, வாயு போன்ற பொருள்களை மேற்பரப்பிற்கு கொண்டுவந்து சேர்க்கும் குழாய் (vent) போன்ற ஒரு அமைப்பாகும்.

புவியின் மேலோட்டில் சுமார் 11 கி.மீ. ஆழத்திற்கு கிரானைட் அடுக்கும், அதற்குகீழே 24 கி.மீ. கனத்திற்கு பசால்ட் அடுக்கும் உள்ளதாக புவி அறிஞர்கள் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். புவியினுள் வெப்பம் மிக அதிகமாக இருந்தும் அழுத்தம் காரணமாக பசால்ட் திடநிலையில்தான் காணப்படுகிறது. புவி அசைவினால் புவி ஓட்டில் விரிசல்கள் ஏற்படுவதால் அதன் கீழ் அடுக்குகளில் அழுத்தம் குறைகிறது. எனவே திடநிலையிலிருந்த பசால்ட், திரவமாக கற்குழம்பாக மாறுகிறது. அப்போது அதிலிருந்து வாயுக்களும் நீராவியும் வெளிப்படுகிறது. இவற்றின் அழுத்தத்தால் பசால்ட் குழம்பு மேற்கூறிய விரிசல்களின் வழியே பீறிட்டு மேலெழுகிறது.

மலையாக்கத்தில் புவி ஓடு பக்கங்களில் அமுக்கப்படுவதால் அதில் மடிப்புகளும், விரிசல்களும் தோன்றுகின்றன. இவ்விரிசல்களின் வழியே கீழ் அடுக்கிலுள்ள பசால்ட் குழம்பு மேலெழுந்து வெளிப்படுவதால் எரிமலைச் செய்கை பொதுவாக மலையாக்கத்தோடு தொடர்பு கொண்டுள்ளது எனலாம்.

கற்குழம்பு வெளியேற்றத்தின் வகை

மாக்மா புவியின் மேற்பரப்பை அடைந்து பல நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குகிறது. மாக்மா இவ்வாறு வெளியேறுவது அதன் தொகுப்பமைப்பு, வெளியேறும் பாதை ஆகியவற்றைப் பொருத்து இரு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. அவை (1) வெடிப்பு வழி வெளியேற்றம் (Fissure eruption),

(2) எரிமலைவாய் வழி வெளியேற்றம் (Central eruption) என்பதாகும்.

(1) வெடிப்பு வழி வெளியேற்றம்

மாக்மா வெடிப்பு வழியே வெளியேறுவதை அமைதியாக (guiet type) மேலெழும் வகை என்றும் கூறுவர். புவி ஓட்டில் காணப்படும் வெடிப்பு, விரிசல், முறிவு ஆகியவற்றின் வழியே மாக்மா வெளியேறி புவியின் மேற்பரப்பில் பொதுவாகப் பரவுகிறது. இவ்வகை வெளியேற்றத்தில் மாக்மா நீண்ட விரிசல்களின் வழியே ஆங்காங்கே வெளிவந்து நூற்றுக்கணக்கான சதுர கிலோ மீட்டர்களுக்குப் பரவுகிறது. இவ்வகையில் கற்குழம்பு மெதுவாகப் பரவுவதால் அதிக கனம் கொண்ட அடுக்காக உறைகிறது. இதில் வாயுக்களோ, வேறு பொருள்களோ அவ்வளவாக வெளிவருவதில்லை. நீண்ட வெடிப்புகளில் கற்குழம்பு உறைந்து வெளியேறிக் கொண்டிருக்கிறது.

வெடிப்பு வழி வெளியேற்றத்தில் பசால்ட் போன்ற காரப் பாறைகளே (basic rocks) மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் இரும்பு, மகனீசியம் ஆகியன அதிகமாகவும், சிலிகா குறைவாகவும் காணப்படுகிறது. அதனால் பசால்ட் கற்குழம்பு எளிதில் உறையாமல் பல சதுர கிலோ மீட்டர் பரப்புக்கு பரவிச் செல்கிறது.

இந்தியாவில் தக்கண பீடபூமியில் சுமார் 1,000,000 சதுர கிலோ மீட்டருக்கு பசால்ட் கற்குழம்பு பரவியுள்ளது. இந்த பசால்ட் பாறை அடுக்குகள் சுமார் 1200 முதல் 1800 மீட்டர் வரை கனங்கொண்டுள்ளன. கொலம்பியா பீடபூமி (அமெரிக்கா) யிலும் வெடிப்பு வழி வெளியேற்றத்தால் பசால்ட் சுமார் 625000 சதுர கிலோமீட்டர் பரப்பில் சுமார் 1500 மீட்டர் கனத்திற்கு உறைந்து காணப்படுகிறது. வெடிப்பு வழி வெளியேற்றம் தற்போது எங்கும் காணப்படவில்லை.

(2) எரிமலைவாய் வழி வெளியேற்றம்

மாக்மா திரவம் குழாய் போன்ற துவாரத்தின் வழியே வெளியேறுவதை வெடித்து மேலெழும் வகை (explosive type) என்றும் கூறுவர். இவ்வகையில் எரிமலை வாயைச் சுற்றி மட்டுமே கற்குழம்பின் வெளியேற்றம் காணப்படுவதால் அது அதிக தூரத்திற்கு பரவுவதில்லை.

எரிமலைவாய் வெளியேற்றத்தில் கற்குழம்பைத் தவிர கற்கள், நீராவி, வாயு, சாம்பல்தூசி, சாம்புல் போன்ற பொருள்களும்

வெளியேறுகின்றன. இவை குழாயின் வாய்ப்புறத்தில் படிந்து குழாயை அடைத்துக் கொள்கின்றன. குழாயின் உட்பகுதியில் இதனால் அழுத்தம் அதிகரித்து சில சமயம் கற்குழம்பு குழாயின் வாய்ப்புறத்தை தகர்த்துக்கொண்டு வெளியேறுகிறது. கற்குழம்பு ஆகாயத்தில் தூக்கி யெறியப்படும்போது அது காற்றில் உறைந்து திடப் பொருளாகி நிலத்தை அடைகிறது. இப் பொருள்கள் குழாயைச் சுற்றிலும் படிந்து ஒரு கூம்பாக வளருகின்றன. இவ்விதம் வளர்ந்த கூம்புதான் எரிமலை எனப்படுகிறது.

சில சமயம் கற்குழம்பு எரிமலையின் வாய்புறத்திலேயே உறைவதால் வழி அடைபட்டு அங்கு அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. அழுத்தம் மிக அதிகமாகும்போது கற்குழம்பு எரிமலையின் வாய் புறத்தை உடைத்துக்கொண்டு பயங்கர ஓசையுடன் வெளியேறு கிறது. இதனை எரிமலை வெடித்தல் என்பர். எரிமலை இவ்வாறு வெடிக்கும்போது அதன் உச்சியில் ஒரு பெரும்பகுதி தகர்த்து எரியப்படுகிறது. இதன் விளைவாக ஒரு பள்ளம் தோன்றுகிறது. இது எரிமலைவாய் (Crater) எனப்படும். வீசியெறியப்பட்ட பொருள்கள் எரிமலை வாயில் படிந்து சில சமயம் வழியை அடைத்துக்கொள்ளும். அப்போது எரிமலை மீண்டும் பயங்கர மாக வெடிக்கும். அப்போது எரிமலை உச்சியின் பெரும்பகுதி தகர்க்கப்பட்டு அங்கு ஒரு பெரிய பள்ளம் தோன்றுகிறது. இது எரிமலைப் பெருவாய் (Caldera) எனப்படும்.

கற்குழம்பின் செய்கை விட்டு விட்டு நடைபெறுவதால் எரிமலைகள் வளருவதற்கு சில பல ஆண்டுகள் ஆகின்றன. எனினும் மிகக் குறுகிய காலத்தில் தோன்றிய எரிமலைகளும் புவியில் உள்ளன. நேப்பிள்ஸுக்கு (Naples) அருகிலுள்ள மான்ட் நவோ (Monte Nuovo) எரிமலையில் 132 மீ உயரமுள்ள கூம்பு மூன்றே நாட்களில் எழும்பியதாகும்.

வெளியேறும் பொருள்கள்

எரிமலையிலிருந்து வெளியேறும் பொருள்கள் திட, திரவ, வாயு நிலைகளில் காணப்படுகின்றன.

திடப் பொருள்கள்

திடப்பொருள்கள் ஏறத்தாழ எல்லா எரிமலைகளிலிருந்தும் வெளிப்படுகின்றன. இவ்வாறு வெளிப்படும் திடப்பொருள்களில் மிக முக்கியமானது பிரஷியா (Breccia) கற்களாகும். எரிமலைக் குழாயை அடைத்துக்கொண்டிருந்த லாவா உடைத்தெறியப்

படும்போது சிதறிய கற்களே இவை. லாவா வெளிப்படும்போது அதிலுள்ள வாயுக்கள் விரிவடைவதால் லாவா நுரையுடன் பொங்குகிறது. பின்பு அது உறையும்போது பமிஸ்கள் (Pumice) என்ற நுரைக்கல்லாக மாறுகிறது. பமிஸ்கள் மிகவும் லேசானது. வாயுக்கள் வெளியேறியதற்கு அடையாளமாக இதில் நிறைய துளைகள் (குழிவுகள்) இருக்கின்றன. இதைப் போலவே ஸ்கோரியா (Scoria) என்ற நுரைகல்லும் தோன்றுகிறது. எரிமலை வெடிக்கும்போது லாபில்லி (Lapilli) என்ற சிறு உருண்டைக் கற்களும் வீசியெறியப்படுகின்றன. அத்துடன் லாவா திரவம் ஆகாயத்தில் தூக்கியெறியப்பட்டு காற்றில் உறைந்து திடப்பொருள்களாக நிலத்தில் விழுகின்றன. இவை எரிமலை குண்டுகள் அல்லது லாவா குண்டுகள் (volcanic bombs) எனப்படுகின்றன. மேற்கூறிய பொருள்களைத் தவிர டஃப் (Tuff) என்ற தூசிப் பொருளும் எரிமலையிலிருந்து வெளிப்படுகின்றன.

திரவப் பொருள்கள்

புவியின் மேற்பரப்பை வந்தடையும் மாக்மாவை லாவா என்கிறோம். புவி ஓட்டில் வெப்பத்தினாலும், அழுத்தத்தினாலும் பாறைகள் திரவ நிலைக்கு கொண்டுவரப்படுகின்றன. எரிமலை வாய்க்கு அருகில் லாவா 900°C முதல் 1200°C வரை வெப்பங் கொண்டதாக இருக்கிறது. லாவா திரவம் கடந்துவரும் வேகம் அதன் திரவத்தன்மையைப் பொருத்துள்ளது. அதன் திரவத் தன்மை அதிலுள்ள சிலிகாவின் அளவைப் பொருத்துள்ளது. சிலிகா அதிகம் இருந்தால் திரவத்தன்மை குறைகிறது. எனவே சிலிகா அதிகமுள்ள அமில லாவா (acidic lava) மெதுவாகவும், சிலிகா குறைவாக உள்ள கார லாவா (basic lava) வேகமாகவும் கடந்து செல்கின்றன. எரிமலையிலிருந்து வெளிப்படும் கார லாவா அதன் திரவத்தன்மை மிகுதியினால் வெகு தூரத்திற்கு சென்று உறைகிறது.

வாயுக்கள்

எரிமலைச் செய்கையால் வெளிப்படும் வாயுக்களில் 60 முதல் 95 சதவீதம் வரை நீராவி காணப்படுகிறது. மாக்மாவிலிருந்து வடிக்கப்பட்ட நீர் ஆவியாவதால் நீராவி தோன்றுகிறது. சில பகுதிகளில் எரிமலை துவாரங்களில் காணப்படும் நிலநீர் மாக்மாவின் வெப்பத்தால் நீராவியாக மாறுவதுண்டு. சில சமயங்களில் எரிமலையிலிருந்து வெளிப்படும் நீராவி குளிர்ந்து மேகமாகி மழையைத் தருவிப்பதுண்டு. எரிமலை வெடிக்கும் போது

நீராவியைத் தவிர கார்பன்டை ஆக்ஸைடு, சல்பர் டை ஆக்ஸைடு, ஹைட்ரஜன், ஃபுளோரின் (Fluorine), குளோரின், போரான் (Boron) போன்ற வாயுக்களும் வெளிப்படுகின்றன. இவ்வாயுக்கள் கற்குழம்பின் உருகு நிலையைக் (melting point) குறைக்கின்றன. ஆழத்தில் அழுத்தம் மிக அதிகமாக உள்ளதால் இவ்வாயுக்கள் திரவமாகி மாக்மாவுடன் கலந்து விடுகின்றன. ஒரு சோடாபாட்டிலைத் திறக்கும் போது பாட்டிலில் அழுத்தம் குறைவதால் கார்பன்டை ஆக்ஸைடு வெளியேறுவது போல, மாக்மா வெளியேறும்போது அதன் அழுத்தம் குறைவதால் அதில் கலந்திருக்கும் வாயுக்கள் வெளியேறுகின்றன.

எரிமலையின் வகைகள்

எரிமலைகளை அவற்றின் செய்கை அளவு (degree of activity), வெடித்து வெளியேறும் தன்மை, எரிமலைக் கூம்பு தோன்றும் முறை ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

செய்கை அளவின் அடிப்படையில் வகைப்படுத்துதல் :

(1) செயல்படும் எரிமலை (active volcano)

இவ்வகை எரிமலைகளில் ஏதாவது ஒரு நிகழ்ச்சி நடைபெற்றுக் கொண்டேயிருக்கும். இவை தொடர்ந்தோ அல்லது விட்டு விட்டோ குமுறிக்கொண்டிருக்கும். சில சமயம் இவை பயங்கரமாக வெடிக்கும், சிசிலித்தீவின் மேற்கிலுள்ள ஸ்ட்ராம்போலி (stromboli), இத்தாலியிலுள்ள வெசுவியஸ் (vesuvius) ஆகிய எரிமலைகள் இவ்வகையைச் சார்ந்தவை.

(2) செயலிழந்த எரிமலை (Extinct volcano)

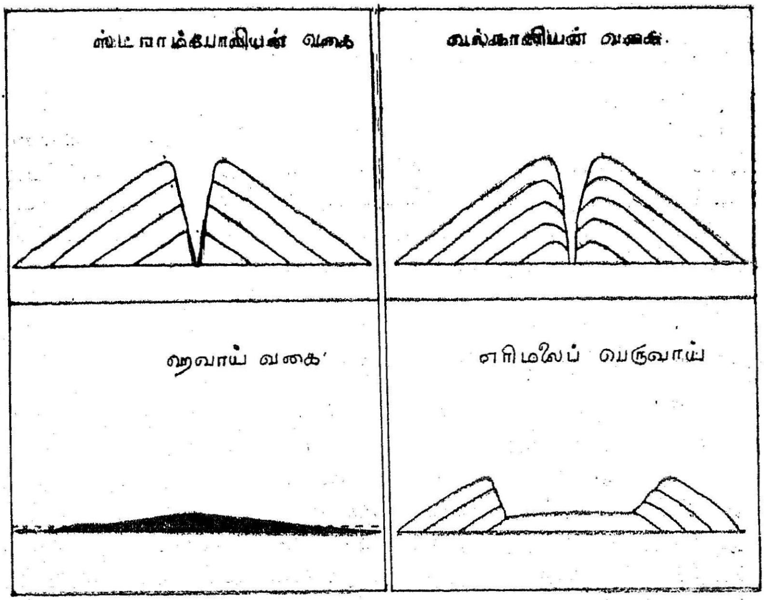
எரிமலைகளில் கற்குழம்பின் செய்கை அறவே நின்றுபோகும் போது அவை செயலிழந்த எரிமலைகள் எனப்படுகின்றன. செயலிழந்த எரிமலைகளில் சுமார் 2000 அல்லது 3000 ஆண்டுகளாக எவ்வித நிகழ்ச்சியும் நடைபெறவில்லை. ஆஸ்திரேலியாவிலுள்ள எக்மான்ட் (Egmont) எரிமலை இதற்கு உதாரணமாகும்.

(3) உறங்கும் எரிமலை (Dormant volcano)

செயலிழந்ததாகக் கருதப்படும் எரிமலைகள் சில சமயங்களில் திடீரெனக் குமுறி வெடிப்பதுண்டு. இவ்வாறு சில ஆண்டுகள் அமைதியாக இருந்து மீண்டும் குமுறும் எரிமலைகளுக்கு உறங்கும் எரிமலைகள் என்று பெயர். இதற்கு அலாஸ்காவிலுள்ள கட்மாய் எரிமலையை உதாரணமாகக் குறிப்பிடலாம்.

வெடித்து வெளியேறும் தன்மையில் வகைப்படுத்துதல்

எரிமலைகளிலிருந்து மாக்மா வெடித்து வெளியேறும் போது அதன் அழுத்தம், வாயுக்களின் அளவு ஆகியவற்றைப் பொருத்து எரிமலைகள் பலவித உருவங்களை அடைகின்றன. இதன் அடிப்படையில் உலகிலுள்ள எரிமலைகளை ஆறு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம் (படம்: 139).



படம் 139 எரிமலை வகைகள்.

(1) ஹவாய் வகை (Hawaiian type)

இந்த வகையில் மாக்மா திரவம் மெதுவாக வெளி வருகிறது. இதில் வாயுக்களோ மற்ற பொருள்களோ அவ்வளவாக வெளி வருவதில்லை. அவ்வாறு வந்தாலும் அவை தாமதமாகவே வெளிப்படுகின்றன. இவ்வகை எரிமலைகளிலிருந்து வெளிப்படும் லாவா காரத்தன்மை கொண்டிருப்பதால் எளிதில் உறையாமல் நீண்ட தூரத்திற்கு பரவி விடுகிறது. எனவே எரிமலைகள் குட்டையாகவும் அகன்றும் காணப்படுகின்றன. இவ்வகைக்கு உதாரணம் ஹவாய் தீவிலுள்ள மானுலோவா (Mauna Loa) எரிமலையாகும்.

(2) ஸ்ட்ராம்போலியன் வகை (Strombolian type)

எரிமலைகள் சீரான இடைவெளிகளில் அடிக்கடி லேசாக வெடிப்பதுண்டு. இவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் லாவா காரத்

தன்மை கொண்டதாகவும் கடினமானதாகவும் உள்ளது. ஒவ்வொரு வெடிப்பின் போதும் லாவா திரவம் ஆகாயத்தில் தூக்கியெறியப்பட்டு காற்றில் உறைந்து லாவா குண்டுகளாக மாறுகின்றன. வாயுக்களும் மற்ற பொருட்களும் சாதாரணமாக வெளியேற்றப்பட்டு எரிமலை வாயைச் சுற்றி படிந்து விடுகின்றன. இவ்வகைக்கு உதாரணமாகத் திகழ்வது சிசிலித் தீவிலுள்ள ஸ்ட்ராம்போலி எரிமலையாகும்.

(3) வல்கானியன் வகை (Valcanian type)

இவ்வகை எரிமலையிலிருந்து லாவா மிகத் தீவிரமாக வெளிப்படுகிறது. சீரற்ற இடைவெளி விட்டு இவை அதிக வலிமையுடன் வெடிப்பதால் எரிமலைவாய் தகர்ந்து விடுகிறது. ஒவ்வொரு முறை இவை வெடிக்கும் போதும் மிக அதிக அளவு தூசிகளும், கருமேகங்களும் வானத்தில் பரவி நிற்கும். சிசிலித் தீவிற்கு அருகிலுள்ள லிப்பாரித் தீவில் (Lipari) அமைந்துள்ள வல்கானியன் எரிமலை இவ்வகையைச் சார்ந்ததாகும்.

(4) வெசுவியஸ் வகை (Vesuvius type)

இவ்வகையைச் சார்ந்த எரிமலைகள் ஒரு சமயத்தில் தீவிரமாகவும், மற்றொரு சமயத்தில் சாதாரணமாகவும் வெடிக்கின்றன. அமைதியான சமயங்களில் எரிமலைக்குள் வாயுக்களின் அழுத்தம் அதிகரிப்பதால் எரிமலை குமுறி வெடிக்கிறது. அப்போது மாக்மா திரவம் மிகுந்த விசையுடன் வானத்தில் வீசியெறியப்படுகிறது. இத்தாலியிலுள்ள வெசுவியஸ் எரிமலை இதற்கு சிறந்த உதாரணமாகும்.

(5) கிராக்கடோவா (Krakatoa type)

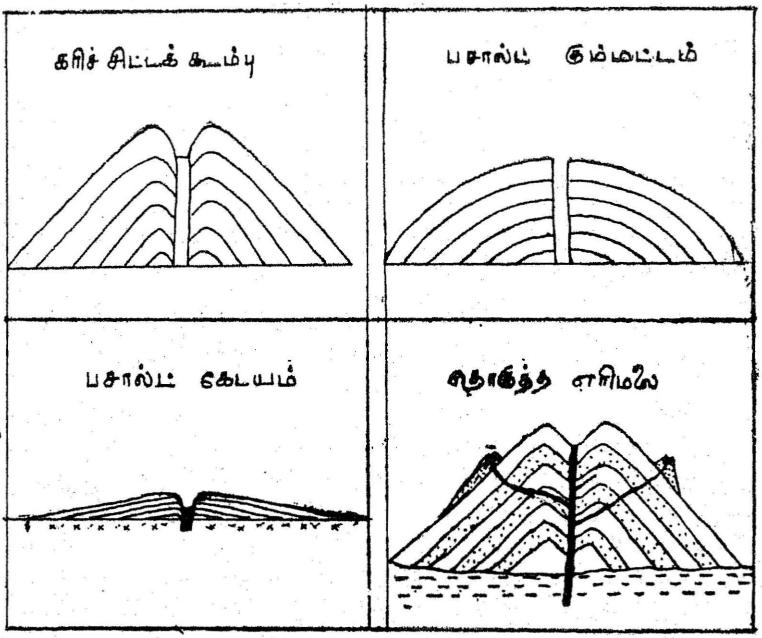
இவ்வகை எரிமலைகள் வெடிக்கும்போது அதிக சிதைவு ஏற்படுகிறது. இவற்றில் லாவா வெளிப்படுவதைக் காட்டிலும் எரிமலைத் தூசியே அதிக அளவில் வெளியேற்றப்படுகின்றன. இவ்வகை எரிமலைகள் மிகுந்த பலத்துடன் வெடிப்பதால் அவற்றின் கூம்பு சிதைவடைவதுண்டு. இவ்வகைக்கு உதாரணமாக சுமத்ரா தீவுக்கு அருகிலுள்ள கிராக்கடோவா எரிமலையைக் கூறலாம். இது 1883 ஆம் ஆண்டு வெடித்தபோது கூம்பின் மூன்றில் ஒரு பாகம் தகர்த்தெறியப்பட்டது. இவ்வாறு கூம்பு தகர்த்தெரியப்பட்டவுடன் எரிமலையின் வாய் மொட்டையாகி அகலமாகி விடுகிறது. இது கால்டெரா (Caldera) அல்லது எரிமலைப் பெருவாய் எனப்படும்.

(6) பெலியன் வகை (Peleen type)

இவ்வகையில் தீவிரமாக வெடிப்பு ஏற்படுகிறது. அப்போது வாயுக்கள், தூசிகள், திடப்பொருள்கள் ஆகியவை பெருமளவில் வெளிவரும். கருமையான இத்தூசிகள், நீண்ட நேரத்திற்கு வானத்தைக் கவ்விக் கொள்ளும். சில சமயங்களில் எரிமலைக் குழாய் அடைபட்டிருக்கும்போது இப் பொருட்கள் எரிமலையின் சரிவுகளிலுள்ள விரிசல்களின் வழியே வெடித்து வெளியேறுகின்றன மேற்கு, இந்திய தீவுகளில் ஒன்றான மார்டினிக் (Martinique) கிலுள்ள பெலி (Pelee) எரிமலை இதற்கு உதாரணமாகும்.

கூம்பு தோன்றும் முறையில் வகைப்படுத்துதல்

சில சமயங்களில் எரிமலைக் கூம்பு தோன்றும் முறையைக் கொண்டும் அவற்றை வகைப்படுத்துவதுண்டு. இந்த அடிப்படையில் காட்டன் (Cotton) என்ற அறிஞர் எரிமலைகளை நான்கு வகைகளாகப் பிரித்துள்ளார் (படம் : 140). அவை யாவன :



படம் 140, எரிமலை கூம்பின் வகைகள்.

(1) பசால்ட் கூம்பு (Basalt cone)

(2) பசால்ட் கும்மட்டம் (Basalt dome) or Shield Volcams

(3) கரிச்சிட்டக் கூம்பு (Cinder cone)

(4) தொகுத்த எரிமலை (Composite volcome)

(1) பசால்ட் கூம்பு : இவை அரிதாகக் காணப்படுகின்றன. எரிமலையிலிருந்து வெளிவரும் லாவாவில் சிலிகா குறைவாக இருப்பதால் அது எளிதில் உறையாமல் நீண்ட தூரம் பரவி விடுகிறது. எனவே இவற்றில் தோன்றும் கூம்புகள் அகன்ற தாகவும் உயரம் குறைந்தும் காணப்படுகின்றன. இதற்கு உதாரணம் நியுஸிலாந்திலுள்ள ரஞ்சிடோடோ எரிமலையகுாம்.

(2) பசால்ட் கும்மட்டம் : இவற்றைக் கேடய (Shield domes) எரிமலைகள் என்றும் கூறுவர். எரிமலையிலிருந்து வெளிவரும் லாவா அதிக கனத்தில் பல சதுர கி. மீ. பரப்பிற்கு காணப்படு கிறது. சிசிலித் தீவிலுள்ள எட்னு (Mt. Etna) எரிமலை இதற்கு உதாரணமாகும்.

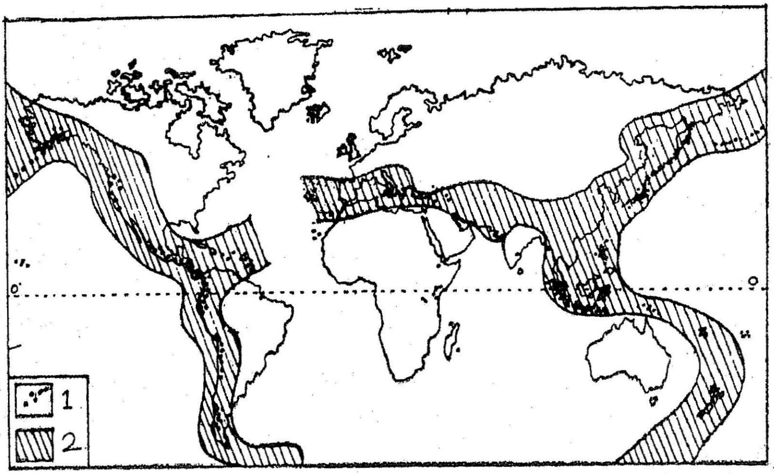
(3) கரிச்சிட்டக் கூம்பு: இவ்வகைக் கூம்புகள் எரிமலை வெடித்து வானத்தில் தூக்கியெறியப்படும் பொருள்கள் குவிந்து படிவதால் தோன்றுபவையாகும். எரிமலை வாயைச் சுற்றி படிகின்ற இப்பொருட்களில், எரிமலை குண்டு, லாப்பில்லி, சாம்பல் தூசி, ஆகியவை முக்கியமானவை. லாவா திரவம் வானத்தில் திடீரெனக் குளிர்ந்து வாயுக்கள் வெளிப்பட்டு சிட்டமாக (Slag) மாறுவதால் இச்சிட்டங்கள் படிந்து தோன்றிய கூம்பு கரிச்சிட்டக் கூம்பு எனப்படுகிறது. இக்கூம்புகள் அதிக சரிவு கொண்டவை. மெக்சிகோவிலுள்ள பாரிகுடின் (Paricutin), கேப்பிள்ஸுக்கு அருகிலுள்ள நூவோ (Nuovo), ஆகிய எரிமலைக் கூம்புகள் இவ்வகையைச் சார்ந்தாகும்.

(4) தொகுத்த எரிமலைகள் : இவற்றை அடுக்கு எரிமலை (Stats volcomo) என்றும் அழைப்பதுண்டு. எரிமலை வெடிப்பு விட்டு விட்டு நடைபெறுவதால் எரிமலை வாயைச் சுற்றி சாம்பல் அடுக்கும் லாவா அடுக்கும் ஒன்றின்கீழ் ஒன்றுகக் காணப்படுகிறது. உலகிலுள்ள பெரிய எரிமலையாகிய ஜப்பானிலுள்ள ஃபியுஜியாமா (Fujiama) இத்தாலியிலுள்ள வெஸுவியஸ், அமெரிக்காவிலுள்ள சாஸ்தா (Shasta) ஆகியவை யாவும் தொகுத்த எரிமலைகளாகும்.

எரிமலைகளின் பரவல்

புவியிலுள்ள எல்லா காலத்து பாறைகளிலும் கற்குழம்பு செய்கையின் அடையாளம் காணப்படுகிறது. எனவே புவியமைப் பியல் வரலாற்றில் நிலத்தோற்றங்களை உருவாக்குவதில் எரிமலை களுக்கு முக்கிய பங்கு இருந்துவந்திருக்கிறது. புவியில் எரிமலைகள்

சமவெளி பீடபூமி, கடலடித்தளம் போன்ற எல்லா நிலங்களிலும் காணப்படுகின்றன. எனினும் உலகிலுள்ள சுமார் 800 எரி மலைகளை ஆராய்ந்தபோது அவை குறிப்பிட்ட மண்டலங்களி லேயே பரவியிருப்பது புலனாகிறது (படம். 141). எரிமலைகள் பொதுவாக கீழ்க்கண்ட பகுதிகளில் தோன்றியுள்ளன.



படம் 141. எரிமலைகளின் பரவல்.

1. கண்டங்களின் விளிம்பிலுள்ள கண்டத்திட்டு
2. நடுக்கடல் கடலடித் தொடர் குன்றுகள் (Mid-ocean submarie sidges)
3. நில அதிர்ச்சி தோன்றும் பகுதிகள்
4. இளம் மலைகள் கொண்ட பகுதிகள்

மேற்கண்ட பகுதிகள் புவியோட்டின் பலவீனப் பகுதி மட்டு மல்லாமல் புவி அசைவு ஏற்பட்ட பகுதியுமாகும். எனவே எரிமலைகள் புவியோட்டின் பலவீனப் பகுதிகளிலும், புவி அசைவு ஏற்படும் பகுதிகளிலும் காணப்படும் என்பது புலனாகிறது. மேற் கூறிய இப்பகுதிகள் புவியின் இரண்டு முக்கிய மண்டலங்களான பசிபிக் கடற்கரை வளையம் (circum paeific girdle), ஆல்பைன்- இமயமலை மண்டலம் (Alpine-Himalayan Belt) ஆகிய பகுதி களில் காணப்படுகின்றன.

பசிபிக் கடற்கரை வளையம்

உலகின் எரிமலைகளில் சுமார் மூன்றில் இரண்டு பங்கு பசிபிக் கடலைச் சுற்றியுள்ள நிலப்பகுதியில் காணப்படுகின்றன. எனவே

இப்பகுதியை பசிபிக்கின் நெருப்பு வளையம் (Paeific Ring of fire) என்று அழைக்கிறோம். பசிபிக்கின் நெருப்பு வளையத்தில் எரிமலைகள் தொடர்ச்சியாக தோரணம்போல் வளைந்து காணப்படுகின்றன. எரிமலைகளைக் கொண்ட இவ்வளையம் பசிபிக் கடலின் கிழக்கு கடற்கரையில் அலாஸ்காவில் தொடங்கி மெக்ஸிகோ, மத்திய அமெரிக்கா, கொலம்பியா, சிலி ஆகிய பகுதிகள் வரையிலும் பசிபிக்கின் மேற்குகரையில் நியூஸீலாந்தில் தொடங்கி டோங்கா, சமோவா, நியூகினி ஜாவா, சுமத்திரா, பிலிப்பைன்ஸ், ஜப்பான், குரில் காம்சட்கா ஆகிய பகுதிகள் வரையிலும் தொடர்ச்சியாக அமைந்துள்ளது.

ஆல்பைன்—இமாலய மண்டலம்

எரிமலைகள் ஆல்பைன்—இமாலய மலையாக்கத்தோடு தொடர்பு கொண்டுள்ளன என்பதை இம்மண்டலம் எடுத்துக் காட்டுகிறது. இம்மண்டலத்தின் எரிமலைகள் பசிபிக் வளையத்தில் இருப்பதுபோல் தொடர்ச்சியாக இல்லாமல் இங்கு மங்குமாக பரவியுள்ளன. இது மத்திய அமெரிக்காவில் தொடங்கி கானரி தீவுகள், மத்திய தரைக்கடல் மத்திய ஆசியாவின் தென்பகுதி ஆகிய பகுதிகளின் வழியாக தென்கிழக்கு ஆசியாவை அடைகிறது.

ஆல்ப்ஸ் மலைத் தொடரும், இமயமலைத் தொடரும் இளம் மலைகளாக இருந்தபோதிலும் இவற்றில் எரிமலைகள் காணப்படவில்லை என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இம்மலைகளில் காணப்படும் தீவிர மடிப்புகளாலும், மேல் உதைப்பினாலும் (over thrust) பாதை தடைபடுவதால் கற்குழம்பு மேல்நோக்கி வரவில்லை.

இந்தியாவில் எரிமலை

இந்தியாவில் எரிமலைச் செய்கை கிரடேஷியஸ் காலம் முதல் இயோசீன் காலம் மிகுதியாகக் காணப்பட்டது. சமீப காலத்தில் சில இடங்களில் மட்டுமே இச்செய்கை காணப்பட்டது. அந்த இடங்களில் முக்கியமானவை வங்காள விரிகுடாவிலுள்ள பேரன் (Barren) தீவு, நார்கொண்டம் (Narcondam) தீவு ஆகியவையாகும். இவ்விரண்டும் ஒரு நீண்ட குன்றில் அரக்கான், அந்தமான், சுமத்திரா ஆகிய மலைகளுக்கு இணையாக அமைந்துள்ளன. பேரன் தீவில் ஒரு எரிமலைக் கூம்பும், எரிமலை வாயும் காணப்படுகிறது. இது இறுதியாக 1803 ஆம் ஆண்டு வெடித்துள்ளது.

மேற்கூறிய மண்டலங்களைத் தவிர ஆப்ரிக்க பிளவு பள்ளத் தாக்கிலும் அட்லாண்டிக் கடலிலும், இந்துமகா சமுத்திரத்திலும் அமைந்த தீவுகளில் எரிமலைகள் காணப்படுகின்றன. அட்லாண்டிக் கடலில் ஐஸ்லாந்து, கானரி, அஸோர்ஸ் (Azores) செயின்ட் ஹெலினு ஆகிய தீவுகளிலும், இந்துமகா சமுத்திரத்தில் மடகாஸ்கர், மோரிஸ் ஆகிய தீவுகளிலும் எரிமலைகள் காணப் படுகின்றன.

27. நில அதிர்ச்சி
(Earthquake)

நில அதிர்ச்சி என்பது புவி ஓட்டில் ஏற்படும் நில நடுக்கம் அல்லது அதிர்வைக் குறிப்பதாகும்.

நில அதிர்ச்சி தோன்றுவதற்கு இயற்கையிலும் செயற்கையிலும் காரணங்கள் உள்ளன. வெடிகுண்டு வெடித்தல், புகைவண்டி செல்லுதல், கட்டிடங்களை இடித்தல், பாறைகளைத் தகர்த்தல் ஆகிய செயல்களால், புவியோட்டில் ஏற்படும் அதிர்ச்சிகள் மனிதனுல் தோற்றுவிக்கப்படும் செயற்கை நில அதிர்ச்சிகளாகும். இவற்ருல் புவியோட்டில் பெரிய சேதம் ஏதும் ஏற்படுவதில்லை. ஆனுல், இயற்கையில் தோன்றும் நில அதிர்ச்சிகள் இதற்கு மாருக நிலத்தோற்றத்திலும், மனித வாழ்க்கையிலும் பெருத்த சேதத்தை உண்டு பண்ணுகின்றன.

இயற்கையில் தோன்றும் நில அதிர்ச்சிகளை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

(1) எரிமலைகளால் ஏற்படுபவை (Volcanic earthquakes)

(2) நில அசைவுகளால் ஏற்படுபவை (Tectonic earthquakes)

(3) பாதாளத்தில் ஏற்படுபவை (Plutonic earthquakes)

(1) எரிமலைகளால் ஏற்படுபவை

எரிமலைகள் குமுறும் போது அருகிலுள்ள இடங்களில் நில அதிர்ச்சி தோன்றுகிறது. சில சமயங்களில் எரிமலை குமுறுவதற்கு முன்னரே நிலத்தில் அதிர்ச்சி தோன்றுவதுண்டு. கீழிருக்கும் லாவா திரவம் திடீரென மேல்நோக்கி எழுவதால் இத்தகைய அதிர்ச்சி ஏற்படுகிறது. எரிமலைகளால் தோன்றும் நில அதிர்ச்சி அவ்வளவு தீவிரமானதல்ல.

(2) நில அசைவுகளால் ஏற்படுபவை

திடீரென ஏற்படும் நில அசைவுகளால் தோன்றும் நில அதிர்ச்சி மிகவும் தீவிரமானதாகும். நில அசைவுகள் புவி

யோட்டில் 5 முதல் 24 கி.மீ. ஆழம் வரை காணப்படுகின்றன. இந்நில அசைவுகளினுல் பாறைகளில் பிளவு ஏற்பட்டு பாறைகள் பிளவு தளத்தின் வழியாக இடம் பெயர்கின்றன (படம் : 142). இவ்வாறு பாறைகள் இடம் பெயரும்போதுதான் நில அதிர்ச்சியைத் தோற்றுவிக்கின்றன. சில சமயங்களில் அடிநிலக் குகைகள் (underground caves) நொறுங்குவதாலும் நில அதிர்ச்சி ஏற்படுகிறது.

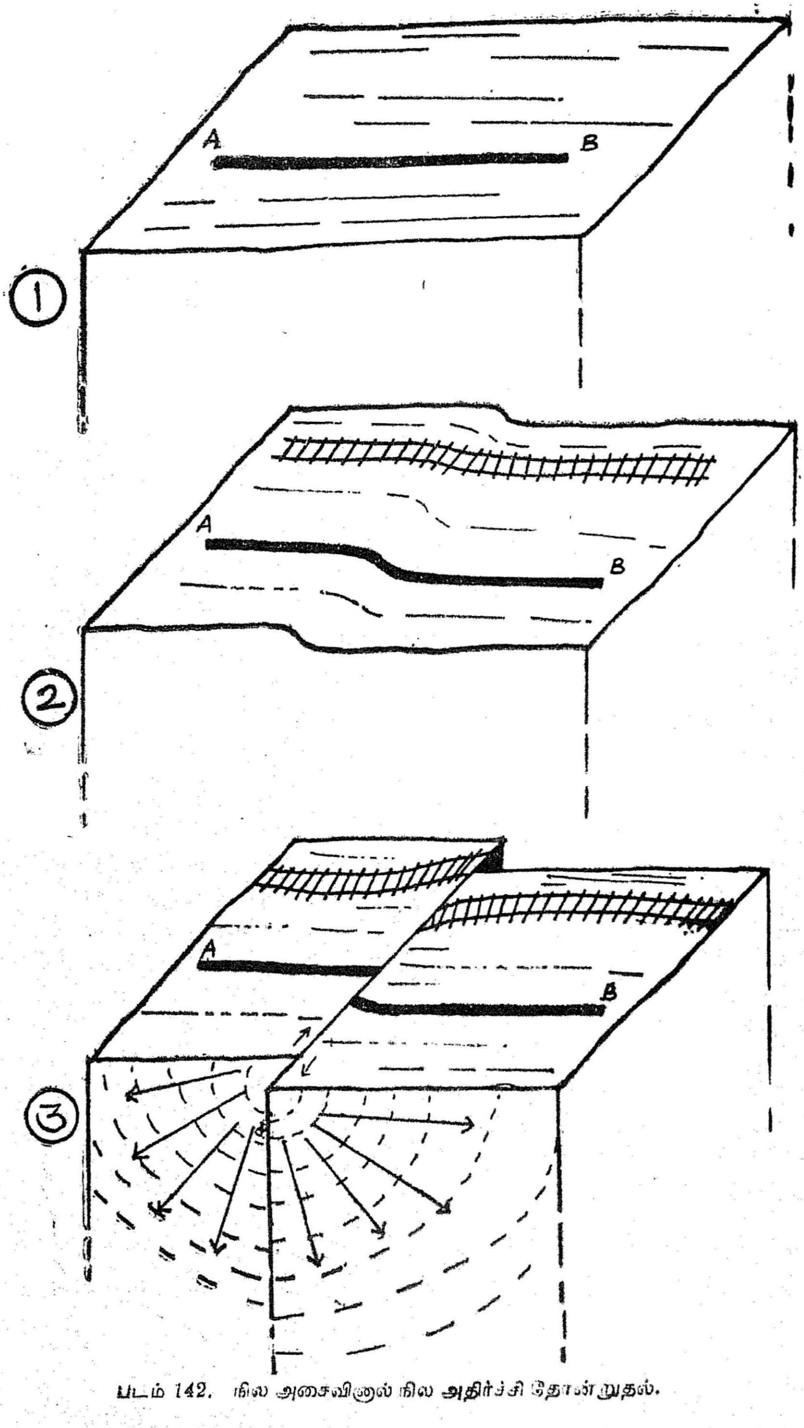
(3) பாதாளத்தில் ஏற்படுபவை

பாதாளத்தில் ஏற்படும் நில அதிர்ச்சியைப்பற்றி திட்டவட்டமான விவரங்கள் தெரியவில்லை. இத்தகைய அதிர்ச்சிகள் புவியோட்டில் 240 முதல் 670 கி.மீ. வரையிலுள்ள இடை ஆழப் பகுதியில் ஏற்படுவதாகக் கருதப்படுகிறது. இரசாயன மாற்றத்தால் ஏற்படும் வெடிப்பு, தாதுப்பொருள்கள் மறுபடிகமாதல், மூலப்பொருள்களில் மாற்றம் ஏற்படுதல் ஆகியவைகளே பாதாளத்தில் ஏற்படும் நில அதிர்ச்சிக்கு காரணங்களாகக் கூறப்படுகின்றன.

நில அதிர்ச்சியின்போது ஏற்படும் நிகழ்ச்சிகள்

நில அதிர்ச்சியின்போது பொதுவாக கீழ்க்காணும் நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படுகின்றன : (1) நில அதிர்ச்சியின்போது பாறைகள் இடம் மாறுவதால் அவை ஒன்றோடொன்று உராய்ந்து ஓசையை எழுப்புகின்றன. நில அதிர்ச்சியின் தீவிரத்தைப் பொருத்து ஓசையின் அளவு வேறுபடுகிறது. (2) நில அதிர்ச்சியின் போது வளிமண்டலத்தில் காற்றின் வேகம் திடீரென அதிகரிக்கிறது. எனவே மேகங்கள் மேல் நோக்கி உந்தப்பட்டு பெருமழை பெய்கிறது. (3) நில அதிர்ச்சியின்போது வளிமண்டலத்தில் தூசிகள் மிகுதியாகப் படர்ந்து விடுவதால் சூரியன் சிவப்பு நிறமாகக் காட்சியளிக்கிறது. (4) நிலம் மேல் நோக்கியும், கீழ் நோக்கியும் உந்தப்படுவதால் நிலத்தில் பிளவுகளும், விரிசல்களும், வெடிப்புகளும் தோன்றுகின்றன. அவற்றில் நிலம் சில செ.மீ. முதல் பல மீ. வரை பிளவுபடுகின்றன. கலிபோர்னியாவில் 1906ஆம் ஆண்டு ஏற்பட்ட நில அதிர்ச்சிக்கு காரணமான சான் ஆண்ட்ரூஸ் (San Andreas) பிளவில், நிலம் 6 மீ. வரை இடம் பெயர்ந்துள்ளது. (5) ஏரி, கடல் போன்ற நீர்நிலைகளின் அடித் தளத்தை நில அதிர்ச்சி பாதிக்கும்போது அந் நீர் நிலைகளில் வெள்ளம் ஏற்படுகிறது.

கடலடிதளத்தில் நில அதிர்ச்சி ஏற்படும்போது கடலில் மிகப் பெரிய அலைகள் தோன்றுகின்றன. இவ்வலைகள் நீண்ட தூரத்



படம் 142. நில அசைவினுல் நில அதிர்ச்சி தோன்றுதல்.

திற்கு பயணம் செய்து கடற்கரைகளை சேதப்படுத்துகின்றன. கடலில் ஏற்படும் இத்தகைய அலைகளுக்கு சுனாமி (Tsunami) என்பது பெயர். சுனாமிக்கள் (Tsunamis) பல ஆயிரம் கி.மீ.களுக்கு வேகமாகப் பயணம் செய்கின்றன. கிராக்கடோவா (Krakatoa) எரிமலை வெடித்தபோது கடலில் தோன்றிய சுனாமி அலைகள் சுமார் 6400 கி.மீ. வரை பயணம் செய்தன. உலகின் பல பகுதிகளில் இந்த அலைகள் பரவிச் சென்றன. மற்ற அலைகளுக்கும் இவற்றிற்கும் உயரத்தில் வேறுபாடு காணப்பட்டது. உதாரணமாக இவ்வலைகள் ஏடனை அடைந்தபோது 9 அங்குலமும், நாகப்பட்டணத்தில் 55 செ.மீ. சுமத்ரா, ஜாவா கடற்கரைகளில் 12 முதல் 30 மீ. வரையிலும் உயரம் கொண்டிருந்தன.

நில அதிர்ச்சி சுமார் 2½ மணி நேரத்திற்கு ஒரு முறை உலகில் எங்காவது ஓரிடத்தில் ஏற்பட்டுக்கொண்டே இருக்கிறது. சில பலவீனப் பகுதிகளில் ஒரே நாளில்கூட பலதடவை நில அதிர்ச்சி ஏற்படுகிறது. இமைப் பொழுதில் தோன்றி மறையும் நில அதிர்ச்சியால் கணக்கிட முடியாத உயிர்ச் சேதமும் பொருட் சேதமும் ஏற்படுகிறது. 1908ஆம் ஆண்டு இத்தாலியில் ஏற்பட்ட நில அதிர்ச்சி 23 வினாடிகளில் 150,000 உயிர்களைப் பறித்தது. சான்பிரான்சிஸ்கோவில் 1906ஆம் ஆண்டு ஏற்பட்ட மிகப்பெரிய நில அதிர்ச்சி ஒரு நிமிடத்திற்கும் குறைவான நேரத்தில் ஏற்பட்டதுதான்.

புவியில் நாம் கண்கூடாகக் காணுகிற இந் நில அதிர்ச்சிகள் அவற்றின் தீவிரத் தன்மையில் ஒன்றுக்கொன்று வேறுபடுகின்றன. நில அதிர்ச்சியின் தீவிரத் தன்மை அதன் அலைகளின் வேகத்தைப் பொருத்துள்ளது. சில நில அதிர்ச்சிகள் பெருத்த சேதத்தை ஏற்படுத்தும் அளவுக்கு அதிகத் தீவிரம் கொண்டிருக்கின்றன. சில நம்மால் உணரக்கூட முடியாத அளவுக்கு மிகவும் தொய்வு கொண்டுள்ளன. மெர்காலி (Mercalli), ரோஸி (Rossi), ஃபாரல் (Forel) போன்ற அறிஞர்கள் நில அதிர்ச்சி தோற்றுவிக்கும் விளைவுகளிலிருந்து அவற்றின் தீவிரத்தைக் கணக்கிடும் அளவைகளைத் (Scale of intensity) தந்திருக்கிறார்கள்.

நில அதிர்ச்சியைப் பதிவு செய்தல்

நில அதிர்ச்சி புவியின் மேற்பரப்பிலிருந்து சுமார் 160 கி. மீ. ஆழம் வரையிலான பகுதிகளில் உற்பத்தியாகின்றன. புவிக்குள் எந்த இடத்தில் அதிர்ச்சி தோன்றுகிறதோ அந்த இடம் நில அதிர்ச்சி கீழ்மையம் (focus) எனப்படும். கீழ்மையம் சில சமயங்களில் ஒரே புள்ளியில் அமையாமல் நீண்டு செல்வதுண்டு,

உதாரணமாக பிளவு தளத்தைச் சார்ந்து பாறைகள் சரியும் போது நீண்ட தூரம் விலகிச் செல்வதால் கீழ் மையத்தை ஒரே புள்ளியில் குறிப்பது கடினமாகும். கீழ் மையத்திற்கு நேர் உயரே புவியின் மேற்பரப்பில் அமைந்துள்ள மையத்திற்கு மேல் மையம் (epicentre) என்று பெயர். நீரில் ஒரு கல்லை எறிந்தால் அங்கு தோன்றும் அலைகள் வட்ட வட்டமாகப் பரவிச் செல்வது போல நில அதிர்ச்சி அலைகள் கீழ்மையத்திலிருந்து எல்லா திசைகளிலும் பரவிச் செல்கின்றன.

நில அதிர்ச்சி அலைகளை, நில அதிர்ச்சிக்குறி கருவியின் (Seisomograph) துணை கொண்டு பதிவு செய்யலாம் (படம் : 143). ஒரே மாதிரியான நில அதிர்ச்சி விளைவுள்ள இடங்களை இணைக்கும் கோட்டிற்கு சமநில அதிர்ச்சிக்கோடு (Isoseimal line) என்பது பெயர்.

நில அதிர்ச்சி அலைகள்

நில அதிர்ச்சி அலைகள் கீழ் மையத்தில் தோன்றி புவியின் மற்ற பகுதிகளுக்குப் பரவும்போது பிரதிபலிப்பு, முறிவு, தடுப்பு ஆகியவற்றால் பாதிக்கப்பட்டு பலவிதமான அலைகளாக மாறுகின்றன. இவ்வலைகளை மூன்று முக்கிய வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

(1) முதன்மை அலைகள் (Primary waves) அல்லது P அலைகள்.

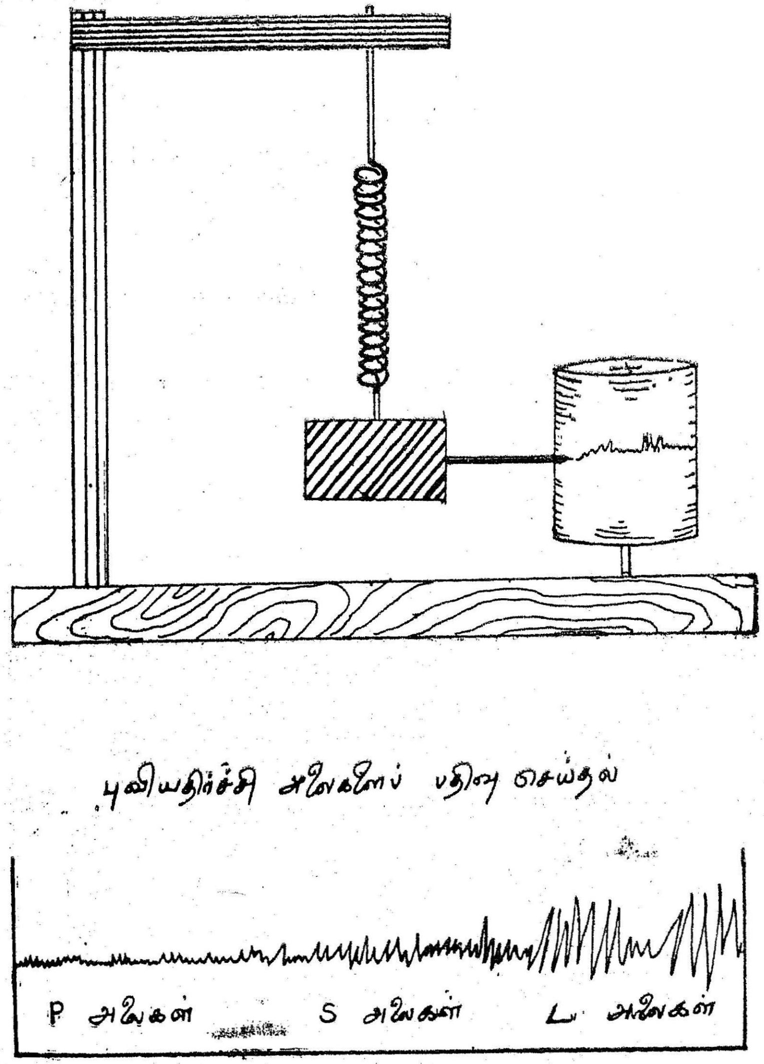
(2) இரண்டாம் அலைகள் (Secondary waves) அல்லது S அலைகள்.

(3) மேற்பரப்பு அலைகள் (Surface waves) அல்லது L அலைகள்.

P அலைகளை நெடு அலைகள் என்றும் சொல்லலாம். இவை ஒலி அலைகளுக்கு சமமானவை. இவ்வலைகளின் பாதையிலிருக்கும் ஒவ்வொரு துகளும் அலைபாயும் திசையில் முன்னும் பின்னும் விரிந்து சுருங்கி செல்கிறது. P அலைகள் மற்ற அலைகளைவிட மிகவும் வேகமானவை. அவற்றின் வேகம் ஒரு செகண்டுக்கு 8 கி.மீ. ஆகும்.

S அலைகள் ஒளி அல்லது நீரின் அலைகளுக்கு சமமானவை. இவ்வலைகளின் பாதையிலிருக்கும் ஒவ்வொரு துகளும் அலைபாயும் திசைக்கு செங்குத்தாக உயர்ந்து தாழ்ந்து செல்கிறது. இவற்றின் வேகம் ஒரு செகண்டுக்கு 4.5 கி. மீ. ஆகும். S அலைகளின் வேகம் P அலைகளின் வேகத்தைவிட குறைவாயிருப்பதால் அவை P அலைகளுக்குப் பிறகே பதிவாகின்றன. இருப்பினும் P அலைகளை

விட S அலைகளினால்தான் புவி ஓட்டில் அதிக சேதம் ஏற்படுகிறது. S அலைகள் கெட்டியான பொருள்களின் வழியே



படம் 143. நில அதிர்ச்சிக்குறி கருவி.

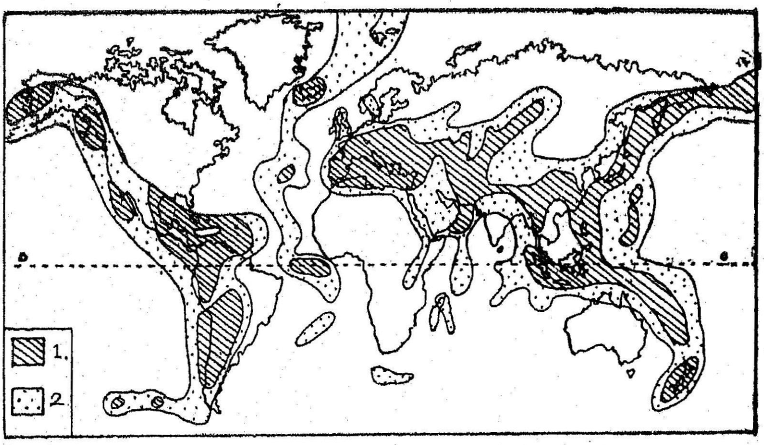
மட்டுந்தான் செல்லும். எனவே திரவங்களின் வழியே இவை ஊடுருவிச் செல்லாது.

L அலைகள் புவியின் மேற்பரப்பில் பயணம் செய்பவை. இவை புவியின் மேல் தளத்தில் நீண்ட தூரத்திற்கு பயணம் செய்கின்றன. P, S அலைகளைவிட L - அலைகளின் வேகம் குறைவாக இருக்கிறது. இருப்பினும் இவற்றால் அதிக சேதத்தை ஏற்படுத்த முடியும்.

நில அதிர்ச்சி ஏற்படும் இடங்கள்

இந்த நூற்றாண்டில் சான்பிராசிஸ்கோ, லெபனானிலுள்ள லடாகியா (Latakia), துருக்கி, டோக்கியோ, சைப்ரஸ், அல்ஜீரியாவிலுள்ள ஆர்லியன்ஸ்விலி (Orleansville), கிரீஸ், பிலிப்பைன்ஸ். யுகோஸ்லாவியா, மொராக்காவிலுள்ள அகதிர் (Agadir), மத்திய சிலி போன்ற பகுதிகளில் நில அதிர்ச்சி ஏற்பட்டிருக்கிறது.

நில அதிர்ச்சி புவியோட்டின் பலவீனமான பகுதிகளில் தொடர்ந்து ஏற்பட்டுக் கொண்டிருக்கின்றன. எனவே பலவீன அமைப்பு கொண்ட இளம் மலைப்பகுதி, கண்டச்சரிவு, எரிமலைப் பகுதி, பிளவுப்பகுதி ஆகியவற்றில் நில அதிர்ச்சி அடிக்கடி தோன்றுகின்றன (படம்: 144).



படம் 144. நில அதிர்ச்சி தோன்றும் இடங்கள்:
(1) அடிக்கடி நில அதிர்ச்சி தோன்றும் இடங்கள்
(2) எப்போதாவது தோன்றும் இடங்கள்.

நில அதிர்ச்சியில் 50 சதவீதத்திற்குமேல் இளம் மலைகளடங்கிய மண்டலத்தில் தோன்றுகிறது. இம்மண்டலம் மெக்ஸிகோ, அட்லாண்டிக் கடல், மத்திய தரைக்கடல், துருக்கி,

ஈரான், இமயமலைச்சாரல், சீனு ஆகிய பகுதிகளைக் கொண்ட தாகும். அடுத்துள்ள 40 சதவீதம் கண்டங்களின் சரிவு மிகுந்த விளிம்புகளில் (கண்டச் சரிவுகளில்) தோன்றுகிறது. இம்மண் டலம் பசிபிக் கடலைச் சுற்றியுள்ள அமெரிக்க மேற்கு கடற்கரை, அலுஷியன் தீவுகள் (Aleutian Island), ஜப்பான், பிலிப்பைன் தீவுக் கூட்டங்கள், நியுகினி, நியுஸீலாந்து ஆகிய பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. மீதமுள்ள 10 சதவீதம் கிழக்கு ஆப்ரிக்க பிளவு பள்ளத்தாக்கு, செங்கடல், சா கடல், (Dead Sea), பாமீர் பீடபூமி ஆகிய பகுதிகளில் தோன்றுகிறது.

இந்தியாவில் டெர்ஷியரி காலத்தில் ஏற்பட்ட மடிப்புமலை மண்டலம் நில அதிர்ச்சியை ஏற்படுத்துகிற பகுதியாகும். நில அதிர்ச்சி இங்கு குறிப்பாக உதைப்புப் பிளவுள்ள பகுதிகளில் ஏற்படுகிறது. சிந்து - கங்கை சமவெளியிலும் நில அதிர்ச்சி மையங்கள் உள்ளன. கடந்த நூறு ஆண்டுகளில் காஷ்மீர், வடக்கு பீஹார், அஸ்ஸாம் ஆகிய பகுதிகளில் நில அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு பெருத்த சேதத்தை உண்டு பண்ணியிருக்கின்றன. நில அதிர்ச்சியைத் தாங்கிக் கொள்ள அஸ்ஸாம் மக்கள் தங்கள் வீடுகளை மூங்கில், மரம், இரும்பு போன்ற பொருள்களால் கட்டிக் கொள்கிறார்கள்.

28. மண்

மண் என்பது பாறைகள் வானிலைச் சிதைவடைந்து தோன்றுவதாகும். இது புவியோட்டின் மேற்பரப்பில் ஒரு மெல்லிய அடுக்காக காணப்படுகிறது. பாறைத் துகள்கள் வானிலைச் சிதைவடைந்து சிறு துகள்களாக காணப்படுவதை ரீகோலித் (Regolith) என்பர். வானிலைச் சிதைவடைவதால் மட்டும் பாறைகள் மண்ணாகி விடுவதில்லை. இதனோடு உயிரினங் களின் செய்கையும், மக்கிய தாவரங்களின் சேர்க்கையும் இருந் தால்தான் பாறைத் துகள்கள் சிதைந்து நாளடைவில் மண்ணாக மாறும். பாறைகள் மண்ணாக மாறுவது அப்பாறைகளின் படிக அமைப்பு, தாதுப் பொருள்கள், இரசாயனப் பொருள்களின் தொகுப்பமைப்பு ஆகியவற்றைப் பொருத்துள்ளது.

தாதுக்கள்

மண்ணில் கலந்திருக்கும் தாதுப் பொருள்களில் குவார்ட்ஸ், அலுமினியம் சிலிகேட்டு, இரும்பு ஆக்ஸைடு ஆகியவை முக்கியமானவையாகும். இவற்றைத் தவிர தாவரங்களுக்கு உணவாகப் பயன்படுவதும், உயிரினப் பொருள்களிலிருந்து உற்பத்தி செய்யப்படுவதுமான நைட்ரஜன், சல்பர், பாஸ்பரஸ் போன்றவையும், காற்றிலிருந்தும் நீரிலிருந்தும் உற்பத்தி செய்யப் படுகிற ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன், கார்பன் போன்றவையும் மண்ணில் கலந்து காணப்படும் முக்கிய தாதுக்களாகும். மண்ணில் காணப்படும் மற்ற தனிமங்களில் கால்சியம், சோடியம், பொட்டாசியம், மகனீசியம் ஆகியவை குறிப்பிடத்தக்கன. இதைத்தவிர போரான், மாங்கனீஸ், அயோடின் ஆகிய தனிமங் களும் சிறு அளவில் மண்ணில் கலந்துள்ளன.

அமிலத் தன்மை

மழைமிகுந்த பகுதிகளில் மண்ணில் நீர் கசிந்து செல்லும் போது கால்சியம் போன்ற தனிமங்களைக் கரைத்துக் கொண்டு கீழே செல்வதால் மண்ணிலுள்ள சுண்ணாம்பின் அளவு குறைந்து விடுகிறது. இவ்வாறு சுண்ணாம்பு குறைந்த மண்ணை அமிலத்

தன்மை கொண்ட மண் (acidic soil) என்கிறோம். அமெரிக்காவில் மிசிசிபி நதிக்கு கிழக்கில் மழையளவு அதிகம் காணப்படுவதால் அங்குள்ள மண்ணில் சுண்ணும்பு குறைந்து அலுமினியமும், இரும்பு ஹைட்ராக்ஸைடும் அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. இவ் வகை மண் அயமிகு மண் (Padalfer) எனப்படுகிறது. ஆனால் மிசிசிபிக்கு மேற்கே மழையளவு குறைவாக காணப்படுவதால் மண்ணில் சுண்ணும்பு அதிகமாக உறிஞ்சப்படாமல் இருக்கிறது. இவ்வகை மண் சுண்ணமிகு மண் (Pedocal) எனப்படும்.

அமைப்புத்தரம்

மண்ணின் அமைப்புத்தரம் (Texture) பாறைத் துகள்களின் அளவைப் பொருத்துள்ளது. மண்ணின் துகள்கள் பொதுவாக 2 மில்லி மீட்டர் விட்டத்திற்குமேல், இருப்பதில்லை. மண்ணின் அமைப்புத்தரத்தின் அடிப்படையில் மண்ணை நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை (1) மணல், (2) களிமண், (3) வண்டல்மண், (4) தோட்டமண் (loam) ஆகியவையாகும். மணலிலுள்ள குவார்ட்ஸ் துகள்களின் விட்டம் 0.02 மி.மீ. முதல் 2.0 மி.மீ. வரை உள்ளது. இத்துகள்களுக்கிடையே காற்றிடைவெளி உள்ளது. களிமண்ணிலுள்ள அலுமினிய சிலிகேட்டு துகள்களின் விட்டம் 0.02 முதல் 0.002 மி.மீ. வரை காணப்படுகிறது. இத்துகள்கள் காற்றிடை வெளியில்லாமல் நெருக்கமாக காணப்படுகின்றன. வண்டல் மண்ணின் துகள்கள் நடுத்தர விட்ட அளவைக் கொண்டுள்ளன. தோட்ட மண்ணில் துகள்கள் பல்வேறு அளவுகளில் கலந்து காணப்படுகின்றன. இது தேவையான அளவுக்கு ஈரப்பசையை இருத்திக்கொண்டு மற்றதைக் கசியச் செய்கிறது. எனவே விவசாயத்திற்கு இது ஏற்றதாக இருக்கிறது.

மக்கிய பொருள்கள் (Humus)

மண்ணில் மக்கிய தாவரப் பொருள்களும், பிராணிகளின் மக்கிய சடலங்களும் கலந்து காணப்படுகின்றன. இவை நுண்ணுயிரினங்களின் செய்கையால் சிதைவடைந்து கரிய நிறமுள்ள பொருள்களாக மாறுகின்றன. இப்பொருள்களிலிருந்து தாவரத்திற்கு தேவையான நைட்ரஜன், பாஸ்பரஸ், கால்சியம், பொட்டாசியம் போன்ற பொருள்கள் பாக்டீரியாவினுல் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. மக்கிய பொருள்கள் மண்ணின் அமைப்புத்தரத்தை உயர்த்துவதோடு ஈரப்பசையை நீடித்திருக்கவும் உதவுகின்றன.

மண்ணின் தோற்றம்

மண் தோன்றுவது காலநிலை, நிலத்தோற்றம், உயிரினங்கள், மூலப்பாறை, காலம் ஆகிய காரணிகளைப் பொருத்துள்ளது.

(1) காலநிலை

ஓரிடத்தில் பாறைகள் வானிலைச் சிதைவடைவது அப்பகுதியின் காலநிலையைப் பொருத்துள்ளது. காலநிலையின் முக்கிய கூறுகளாக உள்ள வெப்பமும், மழையளவும் பாறைகளின் சிதைவுக்கு முக்கிய காரணமாக உள்ளன. அதாவது பாறைகள் இரசாயன வானிலைச் சிதைவடைவதும் பௌதிகச் சிதைவடைவதும் இவற்றைப் பொருத்துதான் இருக்கிறது. மண் உருவாவதற்கு மிகவும் இன்றியமையாததாக உள்ள மக்கிய தாவரங்கள் (Humus) இயற்கைத் தாவரத்தின் தன்மைக்கு ஏற்ப மாறுபடுகின்றன. தாவரங்களின் பரவலுக்கு காலநிலை முக்கிய காரணமாயுள்ளது. இயற்கைத் தாவரத்திற்கு ஏற்ப மண் வகைகள் மாறுபடுகின்றன. மித வெப்ப மண்டலப் புல்வெளிகள், ஊசியிலைக்காடுகள், அயனமண்டலக் காடுகள், பூமத்தியரேகைக் காடுகள், துந்திரப் பிரதேசம் ஆகியவை ஒவ்வொன்றிலும் ஒவ்வொரு வகையான மண் வகை காணப்படுகிறது.

(2) நிலத்தோற்றம்

ஆறு, ஓடை, நிலநீர் ஆகியவற்றின் பரவலை நிலத்தோற்றம் பாதிப்பதால் பாறைகள் அரிக்கப்படுவதும் கடத்தப்படுவதும் நிலத்தின் அமைப்பைப் பொருத்துள்ளது. கடத்தப்படும் மண் ஓரிடத்தில் படிவது அந்த இடத்தின் சரிவைப் பொருத்துள்ளது. செங்குத்துச் சரிவுகளில் மண் அடுக்கு காணப்படுவதில்லை. சிதைவடைந்து அல்லது அரிக்கப்பட்டு படிந்துள்ள பாறைத்துகள்கள் ஓரிடத்தில் நிலைத்திருந்தால்தான் அவை நாளடைவில் மண்ணாக மாறும். எனவே படிவுகள் ஓரிடத்தில் நிலைத்திருந்து மண்ணாக மாறுவதற்கு அந்த இடம் சரிவு குறைந்ததாக இருக்கவேண்டும்.

(3) உயிரினங்கள்

பாறைத் துகள்களை மண்ணாக மாற்றுவதில் உயிரினங்கள் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. தாவரங்களின் இலைகள், தண்டுகள், பூக்கள்; புழு, பூச்சியின் சடலங்கள் ஆகியவை பாறைத் துகள் களோடு கலந்து மக்கிவிடுவதால் அவை வளமுள்ள மண்ணாக மாறுகின்றன. தாவரங்களின் வேர்கள் மண்ணில் ஊடுருவிச் செல்வதால் மண்ணின் புரைத் தன்மை (porosity) அதிகரிக்கிறது. மக்கிய தாவரப் பொருள்கள் மண்ணில் சிறிது ஆழம் வரை

காணப்படுகின்றன. இயற்கைத் தாவரத்தைப் பொருத்து இந்த ஆழம் வேறுபடுகிறது. உதாரணமாக மித அயன மண்டலக் (Sub tropical) காடுகளில் மக்கிய தாவர அடுக்கு அதிக கனமுள்ளதாக இருக்கிறது. ஆனால் அயன மண்டலக் (Tropical) காடுகளில் இவை இரசாயன மாற்றத்தால் அழிக்கப்பட்டு விடுகின்றன. பாக்டீரியாவின் செய்கையால் மக்கிய தாவரங்களிலிருந்து நைட்ரஜன், பாஸ்பரஸ், கால்சியம், பொட்டாசியம் போன்ற பொருள்கள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. மேற்கூறிய பொருட்களைத் தாவரங்கள் தங்கள் வேர்களின் மூலம் உறிஞ்சிக் கொள்கின்றன. காற்றிலுள்ள நைட்ரஜனை பாக்டீரியா கிரகித்துக் கொள்வதால் அவை அழியும்போது மண்ணில் நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருள்கள் தோன்றுகின்றன. புழுக்களும் நுண்ணுயிரினங்களும் இறந்து அழுகும்போது சில அமிலங்கள் உண்டாக்கப்பட்டு மண்ணில் இரசாயன மாற்றம் ஏற்படுகிறது. மண்புழு போன்ற புழுக்கள் மண்ணை மேலிருந்து கீழும், கீழிருந்து மேலும் மாற்றுகின்றன.

(4) மூலப் பாறைகள் (Parent rocks)

மூலப் பாறைகள் சிதைவடைந்து மண்ணாக மாறுவதால் அப்பாறைகளின் சில பண்புகள் அந்த மண்ணில் காணப்படுகின்றன. ஆனால் கால நிலையினாலும் தாவரப் பொருள்களின் சேர்க்கையினாலும் மண்ணின் பண்பு வெகுவாக மாறிவிடுகிறது. எனவே வெவ்வேறு காலநிலை மண்டலங்களில் ஒரே வகையான பாறைகள் அமைந்திருந்தாலும் மண்ணின் பண்பு வேறுபடுகிறது. கிரானைட், பலகைக்கல் (Slate) போன்ற கடினப் பாறைகளும், லாவா, மணற்பாறை, களிப்பாறை, சுண்ணாம்புப் பாறை போன்ற கடினம் குறைந்த பாறைகளும் மண் தோன்றக்கூடிய மூலப் பாறைகளாகும். சுண்ணாம்புப் பாறையில் தோன்றும் மண் பொதுவாக வறண்டு மெல்லிய அடுக்கு கொண்டதாக இருக்கும். சரிவு மிகுந்த பகுதிகளில் மண் அடுக்கு இல்லாமலும் இருக்கிறது. ஆனால் பள்ளங்களில் சில சமயம் சுண்ணாம்பு மண் படிவதால் அதில் சில தாவரங்கள் புதர்கள்போல் வளர்ந்து காணப்படுகின்றன. சுண்ணாம்புப் பாறைகளில் தோன்றும் மண்களில் முக்கியமானவை டெர்ரா ரோஸா (terra rosa), ரென்ஸினா (rendzina) ஆகியவைகளாகும்.

(5) காலம்

மண் குறுகிய காலத்தில் தோன்றுவது அல்ல. மூலப் பாறைகள் சிதைவடைந்து அதில் தாவரப்பொருள்கள் கலந்து

மக்கி மண்ணுவதற்கு பல நூறு ஆண்டுகள் ஆகின்றன. எனவே மண் தோன்றுவது, பாறைகள் சிதைவடைவதற்கு தேவைப்படும் காலத்தைப் பொருத்திருக்கிறது.

மண்ணை வகைப்படுத்துதல்

புவி அமைப்பியலின்படி மண்ணை இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை (1) எஞ்சிய மண் (residual soil) (2) கடத்தப்பட்ட மண் (transported soil) என்பனவாகும்.

எஞ்சிய மண் என்பதை நிலைத்த மண் எனவும் கூறலாம். இது ஒரு குறிப்பிட்ட பாறையிலிருந்து தோன்றி அதே இடத்தில் படிந்திருப்பதாகும். இத்தகைய மண்ணில் மூலப்பாறையின் பண்புகள் காணப்படும். உதாரணமாக சுண்ணும்புப் பாறைப் பகுதியில் சுண்ணும்பு மண்ணும், மணற்பாறைப் பகுதியில் மணற் பாறை மண்ணும், கிரானைட் பாறைப் பகுதியில் கிரானைட் மண்ணும் காணப்பட்டால் அவை எஞ்சிய மண் வகைகளாகக் கருதப்படும். இதற்கு மாருக ஆறு, பனியாறு, காற்று, கடல் அலை ஆகியவற்ருல் வேறு பகுதிகளுக்குக் கடத்தப்பட்டு படிந்துள்ள மண் அப்பகுதிகளின் மூலப்பாறையினின்று வேறுபடுகிறது. இவ்வகை மண்ணைக் கடத்தப்பட்ட மண் என்கிருேம். கடத்தப் பட்ட மண்ணுக்கு உதாரணமாக வண்டல் மண், பாலைவன மண், ஏரி மண், பனியாற்று மண் ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம்.

மேற்கூறிய பாகுபாட்டில் பாறை மட்டுமே காரணியாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுவதால் இதை ஒரு சிறந்த பாகுபாட்டு முறையாகக் கருத முடியாது. ஏனெனில் மண் தோன்றுவதற்கு மற்ற காரணிகளும் சம அளவில் முக்கியம் வாய்ந்தவையாக உள்ளன. அவற்றையும் மனதில் கொண்டு மண்ணைப் பாகுபடுத்தினுல்தான் அது ஒப்புக் கொள்ளக் கூடியதாக இருக்கும்.

மண்ணை வகைப்படுத்துவதில் தாவரங்களை அடிப்படையாகக் கொள்ள வேண்டுமென்ற கருத்தை வெளியிட்டவர் டோகுசாவ் (Dokuchaiev) என்ற ரஷ்ய மண்ணியல் அறிஞராவார். பாறை எவ்வகையாக இருந்தாலும் ஒரே மாதிரியான காலநிலை நில அமைப்பு தாவரம் போன்றவை உள்ள பகுதிகளில் தோன்றும் மண் ஒரே மாதிரியான பண்பைப் பெற்றிருக்கும் என்பது ரஷ்ய மண்ணியல் அறிஞர்களின் கருத்தாகும். இது ஓரளவுக்கு உண்மை என்பதை மற்ற மண்ணியல் அறிஞர்களும் ஒப்புக் கொள்கின்றனர்.

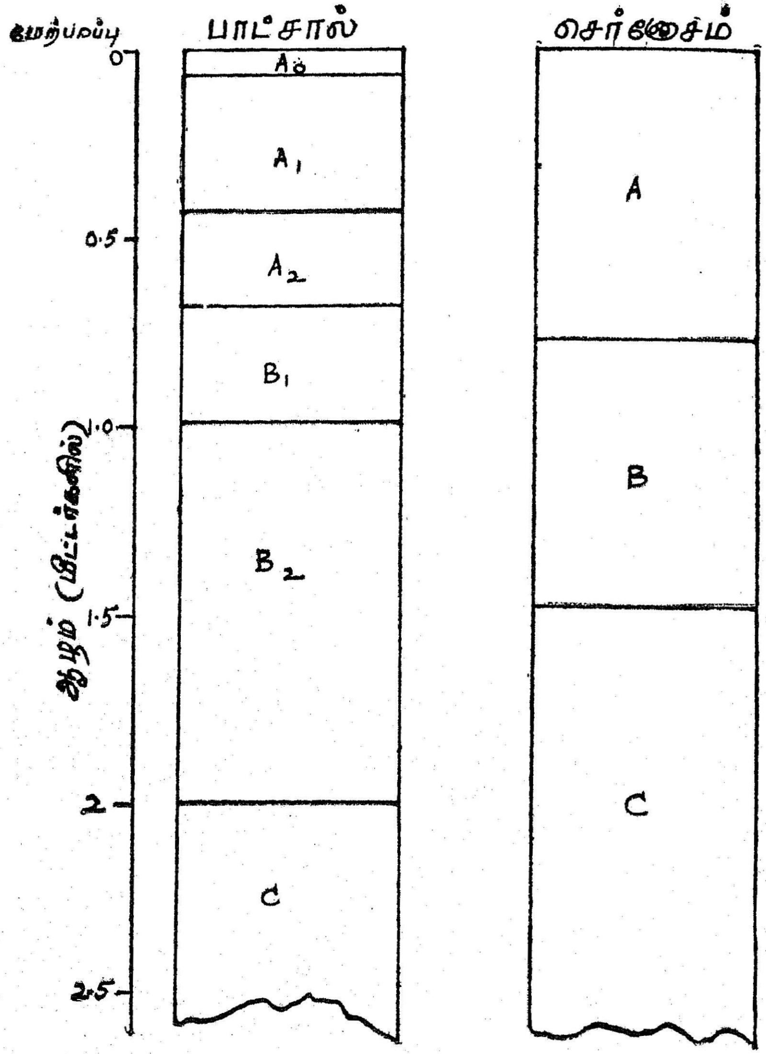
மண் அடுக்கு
(Soil Profile)

கிணறுகள், சுரங்கங்கள் ஆகியவற்றைத் தோண்டும்போது ஏற்படும் பள்ளங்களின் பக்கங்களைப் பார்த்தால் மண்ணில் பல அடுக்குகள் அமைந்திருப்பதைக் காணலாம். அவை தனித் தன்மை கொண்ட அடுக்குகளாகும். இந்த அடுக்குகள் இரசாயன, பௌதிகப் பண்புகளில் வேறுபட்டிருந்தாலும் பாரம்பரியத்தில் (Genetically) ஒன்றோடொன்று தொடர்பு கொண்டுள்ளன. இத்தகைய தனித்தன்மை கொண்ட அடுக்கை மண் அடுக்கு (Soil Profile) என்கிறோம் (படம்: 145).

மண்ணில் மழைநீர் கசிந்து செல்வதால் மண்ணடுக்கில் மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. மண் ஈரமுள்ளதாகவோ அல்லது வறண்டதாகவோ காணப்படுவதற்கு கால நிலையும், பாறை அமைப்பும் காரணமாகும். மண்ணடுக்கில் ஏற்படும் இரசாயன, பௌதிக மாற்றங்களுக்கு மண்ணுக்குள் கசிந்து செல்லும் நீரே காரணமாகும். மண்ணியல் அறிஞர்களின் கருத்துப்படி மண்ணடுக்கில் பொதுவாக மூன்று அடுக்குகள் காணப்படுகின்றன. இவை A, B, C, அடுக்குகள் எனப்படுகின்றன. A அடுக்கு தரை மட்டத்திற்கு கீழே இருக்கும் முதல் அடுக்காகும். இதற்கு கீழே B அடுக்கும், அதற்கு கீழே C அடுக்கும் உள்ளன.

மண்ணடுக்கிலுள்ள புரைகளின் வழியே நீர் கீழ்நோக்கிச் செல்லும்போது மேல் அடுக்கிலுள்ள பொருட்கள் நீரில் கரைந்து கீழ் அடுக்குகளில் சென்று படிகின்றன. எனவே A அடுக்கிலுள்ள பொருள்கள் கரைந்து கீழே B அடுக்கிற்கு செல்வதால் இந்த அடுக்கு உறிஞ்சு மண்டலம் (Zone of leaching) அல்லது கழுவப் பட்ட அடுக்கு (Washed out-eluvial) எனப்படுகிறது (படம் 145). A அடுக்கிலிருந்து பொருட்கள் உறிஞ்சப்பட்டு B அடுக்கிற்கு செல்லும்போது களிமண் போன்ற நுண் பொருள்கள் நீரில் கரைந்து கூழான நிலையிலேயே செல்கின்றன. எனவே இந்த அடுக்கு கடினமானதாகவும், களிப்பாகவும் காணப்படுகிறது. A அடுக்கிலிருந்து பொருள்கள் B அடுக்கிற்கு சென்றுவிட்டாலும் உயிரினப் பொருள்கள் இதில் அப்போதைக்கப்போது சேர்க்கப் படுகின்றன. A அடுக்கிலிருந்த தாதுப்பொருள்கள் B அடுக்கில் படிவதால் B அடுக்கை படியும் மண்டலம் (Washed in - illuvial) அல்லது கழுவி சேர்ந்த அடுக்கு என்கிறோம். B அடுக்கில் இரும்பு, அலுமினியம் போன்ற பொருள்கள் படிந்து காணப்படுகின்றன. இந்த அடுக்கு பொதுவாக கீழ் மண் (Sub Soil) எனப்படுகிறது.

வறண்ட காலநிலை மண்டலங்களில் B அடுக்கிற்கு சற்று கீழே கால்சியம் கார்பனேட் போன்ற உப்புக்கள் படிகின்றன.



படம் 145. மண் அடுக்கு.

A அடுக்கிலும் B அடுக்கிலும்தான் மண்ணின் பண்புகள் மூலப் பாறையினின்று முற்றிலும் மாறியுள்ளன. B அடுக்கிற்கு கீழே யுள்ளது C அடுக்காகும். இது மூலப் பாறையிலுள்ள அடுக்

காகும். இதில் இரசாயன வானிலைச் சிதைவு ஓரளவுக்குக் காணப் பட்டாலும் மூலப் பாறையின் பண்புகளை மாற்றும் அளவுக்கு அது தீவிரமாக இல்லை.

மண்ணடுக்கின் வளர்ச்சிக்கு முக்கியமாக உள்ள காரணிகளில் நிலத்தோற்றம் ஒன்ருகும். சரிவுமிகுந்த பகுதிகளில் மண்ணடுக்கு முழுமைப் பெறுவதில்லை. மண்ணில் நீர்கசியும் அளவு நிலத் தோற்றத்தைப் பொறுத்து வேறுபடுவதால் அது மண்ணடுக்கை பாதிக்கிறது. நில நீரின் மட்டத்தை நிலத்தோற்றம் பாதிப்ப தால் மண்ணின் அடுக்கில் இரசாயனச் சிதைவு வெகுவாகக் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

முதிர்ந்த மண்

மண் அடுக்கின் கனமும், மண்ணின் முதிர்ச்சியும் கால அளவைப் பொறுத்துள்ளது. நீண்டகாலச் சிதைவினுல் முதிர்ச்சி யடைந்த மண்ணில் அடுக்குகள் முழுமையான வளர்ச்சி பெற்றி ருக்கும். எனவே, மண்ணின் வயதை அறிவதற்கு மண் அடுக்கு களின் அமைப்பு உதவுகிறது.

மண்களை மண்டல மண், உள் மண்டல மண், மண்டலமற்ற மண் என மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

மண்டல மண்கள்
(Zonal soils)

காலநிலையின் கூறுகளாகிய வெப்பமும், மழையும் இவற்ருல் ஊக்குவிக்கப்படும் இயற்கைத் தாவரமும் மண்ணின் தோற்றத் திற்கு எவ்வாறு காரணமாயுள்ளன என்பதை முன்னரே பார்த் தோம். ஒரேமாதிரியான கால நிலையின்கீழ் அமைந்திருக்கும் மண் வகைகள் யாவும் ஒரே மாதிரியான பண்புகளைப் பெற்றிருப் பதால் காலநிலையின் அடிப்படையில் அவற்றை வகைப்படுத்தலாம். இவ்வாறு காலநிலை மண்டலங்களின் அடிப்படையில் வகைப் படுத்தப்படும் மண்கள் மண்டல மண்கள் (Zonal soils) எனப்படு கின்றன.

உள்மண்டல மண்கள்
(Intra-zonal soils)

சில சமயம் குறிப்பிட்ட காலநிலை மண்டலத்திலிருக்கும் மண்கள் காலநிலையைப் பிரதிபலிப்பதற்குப் பதிலாக அவை அமைந்திருக்கும் தலத்தின் தன்மையைப் பிரதிபலிப்புதாக உள்ளன. எனவே காலநிலை, இயற்கைத் தாவரம் ஆகியவற்றின் செல்வாக்கைவிட நிலத்தோற்றம், மூலப்பாறை ஆகியவற்றின்

செல்வாக்கு அதிகமாக இருக்கும்போது தோன்றும் மண், மண்டல மண்களினின்று வேறுபடுகிறது. இத்தகைய மண்கள் உள் மண்டல மண்கள் (Intra-zonal soils) எனப்படுகின்றன. உதாரண மாகச் சரிவு அதிகமுள்ள நிலப்பகுதியில் தோன்றும் மண் மெல்லிய அடுக்காக இருப்பதால் மண்டல மண்களினின்று அது வேறு படுகிறது. ரென்சினு (Rendzina), டெர்ரா ரோஸா (Terra rosa) ஆகியவை உள் மண்டல மண்களுக்கு சிறந்த உதாரணமாகும். ஈரமுள்ள மிருதுவான பகுதிகளில் காணப்படும் மண்ணும், கார மண் பொறையும் (Alkali pan) உள் மண்டலங்களுக்கு வேறு சில உதாரணங்களாகும்.

மண்டலமற்ற மண்கள்

(Azonal soils)

மூலப்பாறை, நிலத்தோற்றம் ஆகியவற்றின் தன்மையினுல் சிலசமயங்களில் மண் முதிர்ச்சியடைவதில்லை. இதில் திட்ட வட்டமான மண்ணடுக்குகள் இராது. இத்தகைய மண்கள் மண்டலமற்ற மண்கள் (Azonal soil) எனப்படுகின்றன. மலை மண் (Mountain soil), உடை கற்குவை (Talus), வண்டல் மண், கடல் மண் (சதுப்பு நிலம்) காற்றடி வண்டல், எரிமலை மண் (லாவா, சாம்பல், பமிஸ்கல்) வறண்ட மண், பாறைப்புதர் (colluvium) போன்றவை மண்டலமற்ற மண்களுக்கு உதாரணங் களாகும்.

லியான் (Lyon), பக்மேன் (Buckman) என்ற மண்ணியல் அறிஞர்கள் உலகின் பல்வேறு காலநிலை, தாவரம் ஆகிய சூழ் நிலைகளில் தோன்றும் மண்டல மண்களைக் கீழ்க் கண்டவாறு வகைப்படுத்தியுள்ளார்கள்.

துந்திர மண் (Tundra soil)

இத்தகைய மண் வெப்பம் குறைந்த உயர் நிலங்களிலும், உயர் அட்சங்களிலும், தோன்றுகிறது. வடிகால் வளர்ச்சி பெருத இப் பகுதிகளில் கீழ்ப் படிவப் பகுதி (sub-stratum) நிரந்தர மாக உறைந்து காணப்படுவதால் மேல் அடுக்குகளில் உயிரினப் பொருள்கள் (mosses and lichens) அழுகாமல் அப்படியே இருக்கின்றன. இம் மண்ணடுக்கு ஆழம் குறைந்து காணப் படுகிறது.

பாட்சால் மண் (Podsol soil)

பாட்சால் என்ற ரஷ்யப் பதத்திற்குச் சாம்பல் நிறக் கீழ்அடுக்கு என்பது பொருள். குளிர்ந்த ஈரம்மிகுந்த காலநிலையிலுள்ள

மணற்பாங்கான பகுதிகளிலும், ஊசியிலைக் காடுகளிலும், கடின மரங்களடர்ந்த காடுகளிலும் இவ்வகை மண் தோன்றுகிறது. இதில் A, B, C அடுக்குகள் நன்கு வளர்ச்சி பெற்றுள்ளன. மேல் அடுக்கில் உயிரினப் பொருள்களும் அதற்குக் கீழே (A_2வில்) வெள்ளை அல்லது சாம்பல் நிற அடுக்கும் காணப்படுகிறது. நீர் கசிவதால் A_2 அடுக்கில் சாம்பல் நிற அடுக்குத் தோன்றுகிறது. இதற்கு கீழே உள்ள அடுக்கில் இரும்பும் அலுமினியமும் படிந்துள்ளன. மேல் அடுக்கிலிருந்து வந்த பொருள்கள் படிவதால் இந்த அடுக்கு (B_1) கடினமாக உள்ளது. தாவரங்கள், பாக்டீரியா ஆகியவற்றின் இராசயனச் செய்கையால் A, B அடுக்குகளில் அமிலத் தன்மை மிகுதியாகக் காணப்படுகிறது.

செம்பூராங்கல் மண் (Laterites)

லேட்டரைட் அல்லது செம்பூராங்கல் மண் வெப்பம், மழை மிகுந்த காடுகள் நிறைந்த அயன மண்டலப் பகுதிகளில் காணப்படுகிறது. இம் மண்ணின் மேல்பகுதியில் உயிரினப் பொருள்கள் கொண்ட மெல்லிய அடுக்கும், அதனை அடுத்து சிவந்த உறிஞ்சிய அடுக்கும், அதற்கும் கீழே அடர்ந்த சிவப்பு நிற அடுக்கும் காணப்படுகிறது. இம் மண்ணிலுள்ள இரும்புத்தாது ஆக்ஸிகரணம் அடைந்து இரும்பு ஆக்ஸைடாக மாறிவிடுவதால் இம் மண் சிவப்பு நிறம் கொண்டிருக்கிறது. மேலடுக்கிலுள்ள உயிரினப் பொருள்கள் நீரில் கரைந்து உறிஞ்சப்படுவதால் இது வளம் இழந்து காணப்படுகிறது. மழை குறைவாக உள்ள அயன மண்டலப் பகுதிகளின் விளிம்புகளில் மண்ணின் சாரத்தை உறிஞ்சுதல் குறைவாயுள்ளதால் இங்குச் செம்பூராங்கல்லுக்குப் பதிலாக செம்மண் (Red soil) காணப்படுகிறது. இது செம்பூராங்கல்லைவிடச் செழிப்பானது.

செர்னோசம் (கரிசல் மண் - Chernozem)

செர்னோசம் மித வெப்பப் புல்வெளிகளில் (பிரெயிரி) தோன்றுகிறது. இம் மண்ணில் A அடுக்கில் உயிரினப்பொருள்கள் மிக அதிக அளவில் சிதைந்து காணப்படுவதால் இது கரிய நிறம் கொண்டுள்ளது. இதில் களிமண், அலுமினியம், சுண்ணும்பு, மக்னீசியம் ஆகியவை கலந்துள்ளன. இம் மண்ணில் நீர் உறிஞ்சுதல் குறைவாகவே நடைபெறுகிறது. B அடுக்கில் கால்சியம் கார்பனேட் படிவுகள் காணப்படுகின்றன. மண் வகைகளில் இதுவே வளமிக்கதாகும். இம் மண்ணிலுள்ள புரைகளின் வழியே நீர்க் கசிவதால் தூண்கள்போன்ற அமைப்பு (Columnar structure) இதில் காணப்படுகிறது.

செஸ்ட் நட் மண் (chestnut soil)

செஸ்ட்நட் மண் சற்று வறண்ட புல்வெளிப் பகுதிகளில் காணப்படுகிறது. இது பழுப்பு நிறம் கொண்டதாகும். இதன், மேல் அடுக்கில் சுண்ணும்புக் காணப்படுகிறது.

மேற்கூறிய மண்களைத் தவிர வேறு சில மண் வகைகளும் புவியில் காணப்படுகின்றன. உதாரணமாக, வறண்ட பழுப்பு மண்வகை பாலைவனங்களின் விளிம்புகளில் காணப்படுகிறது. சாம்பல் நிறப் பாலை மண், சிவப்பு நிறப் பாலைமண் ஆகியவை உப அயன மண்டலப் பாலைவனங்களில் தோன்றுகின்றன. இவற்றில் கால்சியம் கார்பனேட் படிவுகள் மேல் அடுக்கில் காணப் படுகின்றன. நீர் ஆவியாதல் அதிகமுள்ள பாலைவனங்களில் உப்பு மண் காணப்படுகிறது. கீழ் அடுக்கிலுள்ள உப்பு நீர் மேல் அடுக்கிற்கு உறிஞ்சப்பட்டு அங்கு ஆவியாவதால் மேல் அடுக்கில் சாம்பல் நிற உப்பு மண் படிந்து காணப்படுகிறது. கீழ் அடுக்கில் உப்புப் படிமங்கள் காணப்படும். இவ்வகை உப்பு மண்ணுக்கு சிறந்த உதாரணம் சொலான்சாக் (Solonchaks) மண்ணுகும். காடுகள் அல்லது புதர்கள் நிறைந்த பகுதிகள் அழிந்து அங்குச் சுண்ணும்புக் கலப்பற்ற பழுப்பு மண் (non calcic brown soil) தோன்றுகிறது.

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்
(Bibliography)

Ronald Fraser, 'Understanding the Earth', Published by Penguin Books.

Smart, W. M., 'The Origin of the Earth', Published by Penguin Books,

Levin, B. Y., 'Origin of the Earth and Planets', Foreign Languages Publishing House, Moscow.

Henry Lepp, 'Dynamic Earth: An Introduction to earth Sciences', McGraw Hill Book Company.

Strahler, A. N., 'The Earth Sciences', Harper & Row, Publishers New york.

Don J., Easterbrook, 'Principles of Geomorphology', McGraw Hill Book Company, New york.

Harry Robinson, 'Morphology and Landscape', University Tutorial Press Ltd., London.

Wooldridge, S. W., and Morgan, R. S., 'An outline of Geomorphology', Longmans Green & Co. Ltd., London.

Arthur Bloom, 'The Surface of the Earth', Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs; New Jersey.

Dury, G. H., 'The Face of the Earth', Published by Penguin Books.

Arthur Holmes, 'Principles of Physical Geology', Thomas Nelson & Sons Ltd., London.

Thornbury, W. D., 'Principles of Geomoıphology', John Wiley & Sons. Inc., New york., Toppan Company Ltd., Tokyo, Japan,

Cotton, C. A., 'Geomorphology : An introduction to the study of Land forms', Whitcombe and Tombs Ltd., London.

Davis, W. M., 'Geographical Essays', Dover Publications, Inc.

Sparks, B. W., 'Geomorphology', Longmans, Green & Co., Ltd., London.

Von Engeln, O. D., 'Geomorphology. Systematic and Regional', The Macmillan Company, New york.

Worcester, P. G., 'A Text book of Geomorphology' D. Van Nostrand Company, Inc. Princeton, New Jersey, Affiliated East-West Press Pvt. Ltd., New Delhi.

Monkhouse, F. J., 'Principles of Physical Geography', University of London Press Ltd.

Cyril Fox, S., 'Physical Geography for Indian Students, Macmillan & Co. Ltd., London.

Marie Morisawa, 'Streams—their dynamics and Morphology', McGraw Hill Book Company, New york.

Enayat Ahmad, Coastal Geomorphology of India, Orient Longman, Madras.

Pitchamuthu, C. S., Physical Geography of India, National Book Trust, India New Delhi.

விசுவநாதன், சி., புவி அமைப்பு இயல், தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்.

அனந்தபத்மநாபன், என்., புவிப் புறவியல், (பாகம் I, II) தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்.

கலைச்சொற்கள்

A

Abration platform	—	அரிமேடை
Abstraction	—	பறித்தல்
Agradation	—	படிவுகளால் நிரப்பப்படுதல்
Angular	—	கோணவடிவம்
Annular	—	வளைய (அ) கங்கண வடிவம்
Antecedent drainage	—	முந்திய வடிகால்
Antipodal position	—	நிலப்பாகத்திற்கு நேர்எதிரே மறுபுறத்தில் கடல் இருத்தல்
Arcuate or Fanshaped	—	வில் (அ) விசிறி வடிவம்
Arenaceous rocks	—	மணற் பாறைகள்
Asteroids	—	சிறுகோள்கள்
Astro gradation	—	சரிவு அதிகரித்தல்
Attrition	—	மோதி உடைதல்
Aquifer	—	நீர் கொள்ளும் அடுக்கு
Azonal soils	—	மண்டலமற்ற மண்கள்

B

Back wash	—	அலைகளின் பின்வாங்கல்
Bad land	—	கரடுமுரடான நிலம்
Barchans	—	பிறை உருவ மணல் மேடு
Barbed pattern	—	அம்புமுனை அமைப்பு
Basal sapping	—	கீழ்க்குடைவு
Base level	—	அடிமட்டம்
Bay head beach	—	விரிகுடா தலைப்புப் பீச்சு
Beach drifting	—	பீச்சுப் பொருள் நகர்வு
Bight	—	பெருங்குடா

Blind valley — முட்டுப் பள்ளத்தாக்கு
Block feild or felsen meere — பாறைப்பாள மண்டலம்
Block mountains — பிண்ட மலைகள்
Blow out — ஊது பள்ளம்
Bluff — செங்குத்துச்சரிவு
Boulder clay or Till — பனியாற்றுப் பாறைப் படிவு
Braccia — பரற்கற்கள்
Buckled — மடங்குதல்

C

Caverns — அடிநிலக் குகைகள்
Caviation — உட்குடைவு
Central eruption — எரிமலைவாய்வழி வெளியேற்றம்
Centrijugal — மையத்தைவிட்டு விலகும்
Chernozem — கரிசல் மண்
Cinder cone — கரிச்சிட்டக் கூம்பு
Circum pacific girdle — பசிபிக் கடற்கரை வளையம்
Columnar — கனபட்டை
Columnar joints — நிரல்மூட்டு
Colluvium — பாறைப் புதர்
Comet — வால்நட்சத்திரம்
Connate water — நிலத்திற்கடியில் சிக்கிய நீர்
Consequent streams — முதன்மை ஆறுகள்
Convention current — வெப்பச்சலன ஓட்டம்
Corona — ஒளிச்சுடர்
Corrasion — அரித்துத்தின்னல்
Cove — சிறுகுடா
Cray and tail — குத்துப் பாறையும், வால் நீண்ட பகுதியும்
Crecent beach — பிறைச்சந்திர பீச்சு
Crevasses — பனியாற்றுப் பிளவுகள்
Cuspate bar — கூரிய உருவ மணல் திட்டு
Cycle of erosion — அரிப்புச் சக்கரம்

D

Deflation — புடைத்தெடுத்தல்
Degradation — அரிப்பினுல் சமப்படுத்தல்
Deranged pattern — சீர்குலைந்த அமைப்பு
Drainage density — வடிகால் அடர்த்தி
Dreikanters — முப்பட்டைக் கற்கள்

E

Eddy — காற்றுச் சுழல்
Elbow of capture — கவர்வின் வளைவு
Entrenched meander — செங்குத்தாக அழுந்திய வளைவு
Erratics — பொருந்தாப் பாறைகள்
Etched — அரிக்கப்படுதல்

F

Fault scarp — பிளவின் செங்குத்துச் சரிவு
Fetch — காற்றுபடும் பரப்பு
Filament — சுருள்
Finger lakes — விரல்வடிவ ஏரிகள்
Fissure eruption — வெடிப்பு வழி வெளியேற்றம்
Flutted — வரிப்பள்ளங்கள்
Fore land — முன்நிலம்
Frost heaving — உறைபனி விரிவடைதல்
Frost wedging — உறைபனி உடைப்பு (அ) உறைபனி செய்கை

G

Geodesy — புவி உருவ இயல்
Geophysics — பூ பௌதிகம்
Girt — பெரு மணற் கல்
Glacial drifts — பனியாற்றுப் படிவுகள்
Glacio lacustrine — பனியாற்று ஏரிப்படிவுகள்
Gorge — மலையிடுக்கு
Graben — உடைப்புப் பள்ளத்தாக்கு

Graded — சீராக்கப்பட்ட (அ) சமதளமாக்கப்பட்ட
Gravity slope — புவிஈர்ப்புச் சரிவு
Groved — கடையப்பட்ட
Gulleys — அரிப்பள்ளங்கள்

H

Hade — தகர்ச்சித்தள கோணம்
Hanging wall — தொங்குசுவர்
Head ward erosion — தலைத்திசை அரிப்பு
Heave — கிடைவிலக்கம்
Hinter land — பின்நிலம்
Honey combed rock — தேன்கூட்டுப் பாறை
Horst — பாறைப்பிதிர்வு
Hums — சிறு குன்றுகள்
Hydraulic action — நீர்த்தாக்கம்
Hydrotysis — நீரின் சேர்க்கை
Hypsographic curve — உயர்தாழ்வுக்கோடு

I

Ice sheets (or) ice caps — பனி விரிப்புகள்
Illuvial — படியும் மண்டலம்
Imbricate structure — அடுக்குப் பிளவு
Impermeable — நீர்ப்புகாத
Incised meander — அழுந்திய ஆற்று வளைவு
Ingrown meander — உள் வளர்ந்த வளைவு
Inselberge — துறுகல்
Insequent streams — இணங்கா ஆறுகள்
Integration drainage — வடிகால் ஒருமைப்பாடு
Interfluves — ஆற்றிடை நிலம்
Intermonte basin — மலையிடைப் பள்ளத்தாக்கு
Isoclinal fold — சமசாய்வு மடிப்பு
Iso seismal line — சமநிலை அதிர்ச்சிக் கோடு
Isostasy — சமநிலைத்தன்மை

K

Knick point — சாய்வு மாறும் முனை

L

Lagoon — காயல்
Land bridges — இணை நிலங்கள்
Land slide — நிலச்சரிவு
Laterite — செம்பூராங்கல் மண்
Lateral planation — பக்கவாட்ட சமதளமாக்கம்
Littoral — கடலோரம்
Loess — காற்றடி வண்டல்
Long shore — கரை ஒட்டிய
Looped bar — வளைய மண்திட்டு

M

Magmatic water — கற்குழம்பு நீர்
Mantle — போர்வை
Marl — சுண்ணும்புக் களிமண்
Meander scrolls — ஆற்று வளைவு சுவடுகள்
Median mass — இடை நிலம்
Meteor — எரிமீன்
Meteoric crater — எரிநட்சத்திர வாய்
Meteoric water — விண் வீழ்நீர்
Molecules — மூலகங்கள்
Mashroom rocks — காளான் பாறைகள்
Mass — பொருள் திணிவு, பொருண்மை
Massif — கடினப் பாறைப் பிண்டம்
Mass wating — பருப் பொருள் அசைவு

N

Nappes or Overthrust fault — உதைப்புப் பிளவு
Nebula — வாயுக்கோளம்
Neve or fern — இறுகிய பனிமணிகள்
Notch — வெட்டுத் தடம்

O

Oblate spheroid — நீர் வட்டுருண்டை
Obsequent streams — எதிர்த் திசைத் துணை ஆறுகள்
Ocean basins — கடலடித் தளங்கள்
Orogenic movements — மலையாக்க அசைவுகள்
Out wash plain — பனியாற்று வண்டல் சமவெளி
Over hanging cliff — தொங்கு ஓங்கல்
Oxbow lake — குருட்டு ஆறு

P

Palaeo magnetism — பழங்கால காந்தத்தன்மை
Parabolic dumes — தொடுவளைவு மணல்மேடு
Parabolic path — நீள் வளைவான பாதை
Parched water table — உச்சி நிலநீர் மட்டம்
Pedalfer — அயமிகு மண்
Pedestal rocks — பீடப் பாறைகள்
Pediment — மலையடித் தட்டு
Pedoeal — சுண்ணமிகு
Percolation — கவறல்
Periglacial — பனிவரை இடம்
Permeability — நீர்புகு தன்மை
Perma frost — நித்திய உறைபனி அடுக்கு
Photosynthesis — ஒளிச்சேர்க்கை
Pinnate pattern — இலை (அ) இறகு வடிவம்
Planation — சமதளமாக்கல்
Plutonic — பாதாளம்
Point bar — மணல் முனை
Porosity — புரைத் தன்மை
Pot hole — குடக் குடைவு
Profile of equilibrium — சமநிலை நெடுக்குத் தோற்றம்
Progradation — சரிவு குன்றல்
Protoplanets — முதற்கோள்கள்

R

Radial — ஆர வடிவம்
Ravines — நீர் அரி அடுக்கு
Recurved spit or hook — வளைந்த மணல் திட்டு
Regional metamorphism — பிரதேச மாற்றுருவாக்கம்
Rejuvanation — புத்துயிர்ப்பு
Resequent streams — இணைத் துணையாறுகள்
Retrogratation — சரிவுமிகும் (வக்கிரமான)
Riffle — அரி பள்ளம்
Rift valley — பிளவு பள்ளத்தாக்கு
Rills — சிற்றோடைகள்
River cliff — ஆற்று ஓங்கல்
Run off — நீர் வழிதல்

S

Sand dumes — மணற் குன்று
Sand ripples — மணல் சிற்றலைகள்
Sea arches — கடல் வளைவுகள்
Sea cave — கடற்குகை
Shale — மாக்கல்
Sheild domes — கேடய எரிமலை
Sief dumes — சங்கிலித் தொடர் மணல்மேடு
Sink hole — உறிஞ்சித் துளை
Sinking creeks — மறைந்துவிடும் ஆறுகள், நிலத்தில் புகும் ஓடைகள்
Sill — நுழைந்த படிவம்
Silt — மண்டி
Slip face — சறுக்குச் சரிவு
Slump — சரிந்துவிழுதல்
Snow flakes — பனிப் படலங்கள்
Solifluction — மண் வழிதல்
Stack — கடல் தூண்
Stone nets — கடல் வலைகள்
Strato valcano — அடுக்கு எரிமலை

Subdued — நிலம் மழுங்கி
Submarine talus — கடலடி குவியல்
Subsequent streams — துணை ஆறுகள்
Sub stratum — புவியின் கீழ்ப்படிவப் பகுதி
Super imposed drainage — மேற்படிந்த வடிகால்
Surf — அலை உடையும் இடம்
Surface creep — தரையில் ஊர்தல்
Swash — மோது அலை

T

Talus or Scree — உடைக்கற்குவை
Tarn — மலைச்சுனை
Tear fault — கிடைப்பிளவு
Tetrahedral hypothesis — நான்முகக் கோட்பாடு
Texture — அமைப்புத்தரம்
Thalweg — நெடுக்குத் தோற்றம்
Thermal cycle theory — அனல் சக்கரக் கொள்கை
Throw — நேர்க்குத்து விலக்கம்
Thrust plane — உதைப்புத் தளம்
Tides — ஏற்றவற்றம் (அ) ஓதமுகம்
Tidal lores — ஓதப் பேரலைகள்
Tidal mouth — பொங்குமுகம்
Till — பாறைக் களிமண்
Tombolos — இணைக்கும் மணல்திட்டு
Top set bed — மேல் படிவு அடுக்கு
Torrent — நீரோடை
Tors — பாறைகள் வெளித்தோன்றி தனித்து நிற்றல்
Trellis — கொடிப் பின்னல்
Truncated spurs — மழுங்கிய கிளைக் குன்றுகள்
Trunami — பெரிய அலை

U

Under tow — நீர் அலை இழுப்பு
Up throw — மேல் வீச்சு

V

Valleyside slope — பள்ளத்தாக்கின் பக்கச் சரிவு

Valley train — பள்ளத் தாக்குப் படிவுத் தொடர்

Varves — பட்டைப் படிவுகள்

Ventifacts — பட்டைக் கற்கள்

Volcanic plug — எரிமலைக் குமிழ்கள்

W

Wadi — காட்டாறு

Waning slope — சரிவு குறை… …தல

Warping — பலகை… வளைதல்

Water divide — நீர்ப் பிரிமேடு

Wave cut bench — அலை அரிப்பினாலான பெஞ்சு

Wave refraction — அலை முறிவு

Waxing slope — சரிவு கூடுதல்

Weathering — வானிலைச் சிதைவு

Z

Zonal soil — மண்டல மண்

Zone of leaching — உறிஞ்சு மண்டலம்